

*„Steigerung der Ressourcenproduktivität  
als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“*

Projekt im Auftrag des BMBF



**Sektorale Potenziale zur Verringerung  
des Ressourcenverbrauchs der deutschen  
Wirtschaft und ihre Auswirkungen  
auf Treibhausgasemissionen, Brutto-  
wertschöpfung und Beschäftigung**

Projekt **Ergebnisse**

Wuppertal, April 2007

**Bearbeitet von:**

Dipl.-Wirt.-Ing. José Acosta-Fernández

Dr. Stefan Bringezu (Leitung)



**Projektlaufzeit:** 07/2005 – 06/2007

**Projektleitung:**

Prof. Dr. Raimund Bleischwitz / Dr. Kora Kristof / Dr. Christa Liedtke  
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH  
Forschungsgruppe Stoffströme und Ressourcenmanagement  
Forschungsgruppe Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren

42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: 0202-2492 -256 /-183, Fax: 0202-2492 -250

E-Mail: [raimund.bleischwitz@wupperinst.org](mailto:raimund.bleischwitz@wupperinst.org)  
[kora.kristof@wupperinst.org](mailto:kora.kristof@wupperinst.org)

Weitere Informationen zum Projekt „Steigerung der Ressourcenproduktivität  
als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“  
finden Sie unter **[www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)**



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ressourcenproduktivitätsprojekt – der Hintergrund</b>	<b>8</b>
1.1	Aufgabenstellung	9
1.2	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	9
<b>2</b>	<b>Schlüsselerkenntnisse aus anderen Arbeiten - Leitfragen</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Bestimmung der Ausgangslage</b>	<b>15</b>
3.1	Ausgangslage – Ressourcenverbrauch	15
3.1.1	Sektor "Bauleistungen"	18
3.1.2	Sektor "Metalle und Halbzeug daraus"	23
3.1.3	Sektor "Nahrungs- und Futtermittel, Getränke"	26
3.1.4	Sektor "Energieversorgung"	29
3.1.5	Sektor "Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen"	32
3.1.6	Sektor "Maschinenbau"	35
3.1.7	Sektor "Herstellung von chemischen Erzeugnissen"	38
3.1.8	Sektor "Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steine und Erden"	43
3.2	Ausgangslage – Bruttowertschöpfung	46
3.3	Ausgangslage – Erwerbstätigkeit	48
3.4	Ausgangslage – Treibhausgase	50
3.5	Zusammenhang zwischen den direkten und indirekten umweltökonomischen Auswirkungen des sektoralen Vorleistungsbedarfs	53
<b>4</b>	<b>Ermittlung des gesamtwirtschaftlichen Effekts einer veränderten sektoralen Vorleistungseinsatzmenge</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>Ermittlung des gesamtwirtschaftlichen Effekts einer Verlagerung der Endnachfrageproduktionsmenge</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>74</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Bauleistungen" – 2000 (in Mill. Tonnen)	19
Abb. 2:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Bauleistungen" – 2000 (in Mill. Tonnen)	21
Abb. 3:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Metalle" – 2000 (In Mill. Tonnen)	23
Abb. 4:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Metalle" – 2000 (In Mill. Tonnen)	25
Abb. 5:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Nahrungsmittel" – 2000 (In Mill. Tonnen)	27
Abb. 6:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Nahrungsmittel" – 2000 (In Mill. Tonnen)	28
Abb. 7:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Energie" – 2000 (In Mill. Tonnen)	30
Abb. 8:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Energie" – 2000 (in Mill. Tonnen)	31
Abb. 9:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Kraftwagen u. Kraftwagenteile" – 2000 (in Mill. Tonnen)	32
Abb. 10:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Kraftwagen u. Kraftwagenteile" – 2000 (in Mill. Tonnen)	34
Abb. 11:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Maschinenbau" – 2000 (in Mill. Tonnen)	36
Abb. 12:	Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Maschinenbau" – 2000 (in Mill. Tonnen)	37

Abb. 13: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Chemie" – 2000 (In Mill. Tonnen) _	39
Abb. 14: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor " Chemie " – 2000 (in Mill. Tonnen) _____	41
Abb. 15: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Glas/Keramik/Zement" – 2000 (in Mill. Tonnen) _____	44
Abb. 16: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Glas/Keramik/Zement" – 2000 (in Mill. Tonnen) _____	45
Abb. 17: Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf den gesamtwirtschaftlichen Globalen Materialaufwand (TMR) - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren – Deutschland (Veränderung in Mill. Tonnen) _____	60
Abb. 18: Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftliche Bruttowertschöpfung (BWS) - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren – Deutschland (Veränderung in Mrd. Euro) _____	61
Abb. 19: Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftliche Erwerbstätigkeit (ERW) - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren – Deutschland (Veränderung in 1.000 Personen) _____	62
Abb. 20: Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen (THG) - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren – Deutschland (Veränderung in Mill. Tonnen) _____	63
Abb. 21: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf den Globalen Materialaufwand - Deutschland – Bezugsjahr 2000 – (Veränderung in %) _____	67
Abb. 22: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Bruttowertschöpfung - Deutschland – Bezugsjahr 2000 (Veränderung in %) _____	69
Abb. 23: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Erwerbstätigkeit – Deutschland – Bezugsjahr 2000 (Veränderung in %) _____	71
Abb. 24: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Treibhausgas-Emissionen – Deutschland – Bezugsjahr 2000 (Veränderung in %) _____	73

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Durch die sektorale Endnachfrageproduktion induzierter Ressourcenverbrauch - Deutschland 2000 - Darstellung ausgewählter direkter und indirekter TMR-Auswirkungen für ausgewählte Produktionssektoren (Mill. Tonnen)	17
Tab. 2:	Durch die sektorale Endnachfrageproduktion induzierte Bruttowertschöpfung - Deutschland 2000 - Darstellung ausgewählter direkter und indirekter BWS-Auswirkungen für ausgewählte Produktionssektoren (Mill. Euro in Preisen von 1995)	47
Tab. 3:	Durch die sektorale Endnachfrageproduktion induzierte Erwerbstätigkeit - Deutschland 2000 - Darstellung ausgewählter direkter und indirekter ERW-Auswirkungen für ausgewählte Produktionssektoren (1.000 Personen)	49
Tab. 4:	Durch die sektorale Endnachfrageproduktion induzierte Treibhausemissionen - Deutschland 2000 - Darstellung ausgewählter direkter und indirekter THG-Auswirkungen für ausgewählte Produktionssektoren (1.000 Tonnen)	51
Tab. 5:	Zusammenhang zwischen der durch den Vorleistungseinsatz direkt induzierten BWS, ERW, THG und TMR - Deutschland 2000 - Darstellung für Vorleistungen aus ausgewählten Sektoren	53
Tab. 6:	Zusammenhang zwischen den durch die sektorale Endnachfrageproduktion direkt und indirekt induzierten BWS, ERW, THG und TMR - Deutschland 2000 - Darstellung für ausgewählte Sektoren	55
Tab. 7:	Auswirkung eines verminderten Vorleistungseinsatzes auf den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenaufwand - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren - Deutschland	60
Tab. 8:	Auswirkung eines verminderten Vorleistungseinsatzes auf die gesamtwirtschaftliche Bruttowertschöpfung - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren - Deutschland	61
Tab. 9:	Auswirkung eines verminderten Vorleistungseinsatzes auf die gesamtwirtschaftliche Erwerbstätigkeit - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren - Deutschland	62
Tab. 10:	Auswirkung eines verminderten Vorleistungseinsatzes auf die gesamtwirtschaftlichen THG-Emissionen - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren - Deutschland	63

- Tab. 11: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf den Globalen Materialaufwand - Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen (Deutschland - Bezugsjahr 2000) \_\_ 66
- Tab. 12: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Bruttowertschöpfung - Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen (Deutschland - Bezugsjahr 2000) \_\_ 68
- Tab. 13: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Erwerbstätigkeit - Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen (Deutschland – Bezugsjahr 2000) \_\_\_\_\_ 70
- Tab. 14: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Treibhausgas-Emissionen - Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen (Deutschland – Bezugsjahr 2000) \_\_ 72

## 1 Ressourcenproduktivitätsprojekt – der Hintergrund

Natürliche Ressourcen sind Grundlage aller wirtschaftlichen Aktivitäten. Wohlfahrtssteigerungen können durch eine optimale und effiziente Nutzung der Ressourcen erzielt werden. Das Management der natürlichen Ressourcen ist aber gerade in den letzten Jahren zur Herausforderung geworden. Das anhaltende Wachstum der Weltbevölkerung, die Steigerung der weltweiten Produktion und Preissteigerungen auf den Energie- und Rohstoffmärkten erhöhen den langfristigen Anpassungsdruck zu Effizienzsteigerungen beim Einsatz natürlicher Ressourcen.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt „Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer Nachhaltigen Entwicklung“ will Möglichkeiten aufzeigen, wie die Rahmenbedingungen wirtschaftlichen Handelns mit betrieblichen und sektoralen Strategien so gestaltet werden können, dass es zu einer tiefgreifenden Erhöhung der Ressourcenproduktivität kommt ([www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)). Die zentralen Projektziele sind:

- **Weiterentwicklung von Informationssystemen** (Arbeitspaket 1) mit dem Ziel einer Aktivierung von Lernprozessen auf betrieblicher, zwischenbetrieblicher und wirtschaftspolitischer Handlungsebene,
- **Hot Spots** (Arbeitspaket 2): Identifizierung von Problembereichen der Ressourcennutzung und von Potenzialen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz<sup>1</sup> jenseits vorhandener Trends,
- **Ressourcenpolitik und Ressourcenproduktivitätssteigerungen durch unternehmensübergreifende Instrumente** (Arbeitspaket 3): Entwicklung von Anreizstrukturen und -instrumenten zur Steigerung der Ressourcenproduktivität im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung,
- **Hochrechnung von Verbesserungspotenzialen zur Ressourcenproduktivitätssteigerung** (Arbeitspaket 4): Abschätzung theoretischer sektoraler Verbesserungspotenziale der Ressourcenproduktivität durch die Be- und Hochrechnung der direkten und indirekten Auswirkungen einer Vorleistungseinsatzsenkung, einer veränderten Endnachfragestruktur und ausgewählter Technologien.

In diesem Paper werden die Ergebnisse des Arbeitspakets 4.1 vorgestellt: "Sektorale Potenziale zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs der deutschen Wirtschaft und ihre Auswirkungen auf Treibhausemissionen, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung".

---

<sup>1</sup> Ressourcenproduktivität wird in diesem Projekt verstanden als die erzielte Wertschöpfung pro Einheit dafür erforderlicher Ressourcen auf der gesamtwirtschaftlichen oder sektoralen Ebene. Ressourceneffizienz wird verstanden als Verhältnis zwischen technisch-physikalischem oder betrieblichem Output zu den dafür erforderlichen Ressourcen auf der Technologie-, Produkt-, Unternehmens- oder Wertschöpfungskettenebene.



## 1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Untersuchung konzentriert sich das Interesse in erster Linie auf die Ermittlung der Größenordnung der gesamtwirtschaftlichen Wirkung aussichtsreicher theoretischer Potenziale zur Verbesserung bzw. Erhöhung der Ressourcenproduktivität, die sich durch technologische und institutionelle Maßnahmen ergeben können.

Dies umfasst das Erkennen von Ansatzpunkten für die Verminderung des Ressourcenaufwandes in ausgewählten Schlüsselsektoren und die Quantifizierung der direkten und indirekten Effekte auf den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch von Veränderungen in der sektoral angewandten Produktionstechnik sowie in der Zusammensetzung der Produktion zum Zwecke der Letzten Verwendung.

Neben den direkten und indirekten Auswirkungen dieser Veränderungen auf den Ressourcenverbrauch (TMR) werden hier außerdem die entsprechenden Effekte auf die Bruttowertschöpfung (BWS), die Treibhausgase (THG) und die Erwerbstätigkeit (ERW) untersucht.

Alle Ergebnisse werden anschließend miteinander kombiniert. Beabsichtigt wird dadurch die Darstellung des Zusammenhangs zwischen den direkten und indirekten Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch und den direkten und indirekten Auswirkungen auf die Bruttowertschöpfung, Treibhausgase und Erwerbstätigkeit, die von der Endnachfrageproduktion ausgehen.

Dadurch wird das Erkennen von Ansatzpunkten und theoretischen Potenzialen für die Erhöhung der Ressourcenproduktivität durch Erkenntnisse ihrer weitgehenden Auswirkungen unterstützt.

## 1.2 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Die vorliegenden Ausführungen sind in fünf Abschnitte untergliedert. An den vorliegenden einführenden Abschnitt (1) schließt eine kurze Erläuterung ausgewählter Erkenntnisse in vorhergehenden Arbeitspaketen an, sowie eine Spezifizierung der hier verwendeten Leitfragen. Somit liefert Abschnitt 2 eine kurze Übersicht über die grundlegenden Ausgangsparameter für die Abschätzung der direkten und indirekten gesamtwirtschaftlichen Auswirkung auf ausgewählte umweltökonomisch und politisch relevante Größen einer Veränderung der sektoral angewandten Produktionstechnik sowie in der Zusammensetzung der Produktion für die letzte Verwendung.

Der darauf folgende Abschnitt 3 umfasst die Beschreibung und Quantifizierung der Ausgangslage. Hier werden die möglichen Ansatzpunkte für die Verminderung des direkt und indirekt verursachten Ressourcenverbrauchs durch die Endnachfrageproduktion ausgewählter Sektoren identifiziert. Ferner wird hier der Zusammenhang zwischen dem Ressourcenaufwand (TMR) und der Bruttowertschöpfung (BWS), den Treibhausgasen (THG) und der Erwerbstätigkeit (ERW) erläutert.

In Abschnitt 4 wird die Ermittlung der theoretischen Größenordnung des gesamtwirtschaftlichen Effekts auf den TMR, BWS, THG und ERW der veränderten Produktionstechnik für jeden Sektor durchgeführt.

In Abschnitt 5 werden die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen einer theoretischen Veränderung der Zusammensetzung der Produktion für die Endnachfrage berechnet.

Auf der Basis der Ergebnisse der durchgeführten Modellrechnungen in Abschnitt 4 werden umweltökonomische Profile für die ausgewählten materialintensivsten Produktionssektoren erstellt. Jedes umweltökonomische Profil stellt die Zusammenfassung der gesamtwirtschaftlichen Auswirkung der modellierten hypothetischen Veränderung der sektoralen Produktionstechnik auf den TMR, BWS, THG und ERW dar. Die in Abschnitt 5 modellierte potenzielle Auswirkung einer Veränderung der Zusammensetzung der Endnachfragekomponenten wird ebenfalls auf dieselbe Weise abgebildet.

Die sich aus der Modellrechnung ergebenden gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Schlussfolgerungen werden in jedem entsprechenden Abschnitt (4 und 5) zusammengefasst.

## 2 Schlüsselerkenntnisse aus anderen Arbeiten - Leitfragen

Folgende ressourcenverbrauchsbezogenen Schlüsselerkenntnisse aus vorherigen Arbeiten dienen hier als Grundlage für die durchzuführenden Arbeiten<sup>2</sup>:

- Im Zeitraum zwischen den Jahren 1991 und 2000 hat die Endnachfrageproduktion folgender 12 Sektoren direkt und indirekt ca. 75% des mit der inländischen Produktion verbundenen TMR<sup>3</sup> Deutschlands verursacht – d.h. 3.929 Mill. t von 5.289 Mill. t im Jahre 2000 –.

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sect.:	Produktionssektor
1	45	Bauleistungen
2	15	Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke
3	27	Metalle u. Halbzeug daraus
4	40	Energie (Elektro, Gas) u. DL d. Energieversorgung
5	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile
6	24	Chemische Erzeugnisse
7	29	Maschinen
8	10	Kohle, Torf
9	1	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd
10	23	Kokereierz., Mineralölerz., Spalt- u. Brutstoffe
11	26	Glas, Keramik, bearbeitete Steine u. Erden
12	14	Steine u. Erden, sonstige Bergbauerzeug.

Somit können diese 12 Sektoren, rein quantitativ betrachtet, als die ressourcenintensivsten wirtschaftlichen Aktivitäten Deutschlands angesehen werden.

Der direkte Ressourcenaufwand der Sektoren "Kohle und Torf", "Steine und Erden" und "Landwirtschaft" ist mengenmäßig betrachtet von großer Relevanz. Abgesehen vom Eigenverbrauch wird dieser Ressourcenaufwand aber hauptsächlich durch die Nachfrage nach Produkten aus anderen Sektoren indirekt bestimmt. Dadurch rückt der direkt und indirekt induzierte Ressourcenverbrauch in den Mittelpunkt der Betrachtung, der mit den Vorleistungen und Produkten der restlichen hier aufgelisteten wirtschaftlichen Aktivitäten assoziiert ist.

<sup>2</sup> Siehe hierzu Acosta-Fernández (2007).

<sup>3</sup> Der produktionsbezogene Globale Materialaufwand (TMR) setzt sich aus dem produktionsbezogenen "Direkten Materialinput" (DMI), und dessen "ökologischen Rucksäcken" (HF) zusammen. Der direkte Primärmaterialinput umfasst sowohl die verwertete Primärmaterialentnahme aus der inländischen Umwelt als auch die produktionsorientierten Importe. Die "ökologischen Rucksäcke" umfassen hier die nicht verwerteten Stoffentnahmen und vergleichbare Stoffbewegungen im Inland (z.B. Abraum, Bodenaushub, Erosion) sowie die mit den produktionsorientierten Importen assoziierten lebenszyklusweiten Primärmaterialentnahmen, die zusätzlich zu den importierten Vorleistungen notwendig waren, um das Importgut herzustellen. Für die sektorale Allokation des produktionsbezogenen Materialinputs zu den Produktionsbereichen wurden hier die monetären Importtabellen 1995 und 2000 sowie die physische Importtabelle 1995 vom statistischen Bundesamt herangezogen.

- Im Bereich der Fertigungsverfahren gibt es, bezogen auf die Optimierung bestehender Prozesse im Hinblick auf das Verhältnis von Materialeinsatz zu Produktausstoß, eine Vielzahl technologischer Verbesserungsmaßnahmen. Diese können im Einzelfall zu bedeutenden Einsparungen führen, doch ist im Großen und Ganzen eher ein Beitrag in der Größenordnung von 10-15% Einsparung des direkten Materialeinsatzes zu erwarten<sup>4</sup>.
- Werkstoffsubstitution kann das Risiko der Problemverlagerung bergen.
- Recycling hat angesichts des physischen Wachstumsstatus der Wirtschaft nur eine relativ geringe Bedeutung, kann jedoch für verschiedene Materialien durchaus noch erhöht werden. Dies ist jedoch auf der Ebene einzelner Materialflusssysteme zu bestimmen.
- Relevante Ressourceneffizienzpotenziale sind zu erwarten durch Veränderungen in Rohstoffauswahl und ökologisches Produktdesign.

Die Ressourcenproduktivitätspotenziale durch Veränderungen in Rohstoffauswahl sind insbesondere wichtig für die Sektoren, deren Produktion sich überwiegend auf die Erzeugung von Vorleistungen konzentriert, wie z.B. "Glas/Keramik/Zemente", "Energie" und "Metalle".

Die Ressourcenproduktivitätspotenziale durch ressourceneffizienzsteigernde Veränderungen des Produktdesigns sind hingegen besonders wichtig für die Sektoren, deren direkte Produktion hauptsächlich zur Befriedigung der Endnachfrage orientiert ist, wie z.B. die Bereiche, "Bauleistungen", "Kraftwagen" oder "Nahrungsmittel".

In der ressourceneffizienten Gestaltung von Produkten (intra-sektoraler Wandel; verringerte Mengenflüsse durch erhöhte Qualität) sowie in einer verringerten Nachfrage nach ressourcenintensiven Produkten (inter-sektoraler Wandel; höhere Qualität durch verringerte Mengenflüsse) dürften langfristig die größten Potenziale zur Erhöhung der Ressourcenproduktivität liegen.

Bei der Untersuchung der Auswirkung des Vorleistungseinsatzes auf den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch ist die Beachtung dieser Aspekte von Relevanz.

Das Ziel der Nachhaltigkeit erfordert zudem, die Ressourcenverbrauchsauswirkungen der sektoralen Produktion im Zusammenhang mit den Effekten auf andere Inputs (z.B. Arbeitskraft) und Outputs (z.B. THG-Emissionen) zu untersuchen. Dies schafft eine Entscheidungsgrundlage, die ausgewählte ökonomische und soziale Konsequenzen einer technisch bedingten bzw. mengenbezogenen Veränderung des Ressourceneinsatzes mit einbezieht.

---

<sup>4</sup> Siehe hierzu: ADL, Wuppertal Institut, ISI (2005), S. 28 ff.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte werden im Rahmen dieser Arbeit die Wirkungen zweier Szenarien zur Verbesserung bzw. Erhöhung der Ressourceneffizienz ermittelt.

Für beide Szenarien gilt als Ausgangslage die gesamtwirtschaftliche Auswirkung des direkten und indirekten Vorleistungseinsatzes, die die sektorale Endnachfrageproduktion im Jahre 2000 voraussetzte.

Die Effekte der sektoralen Endnachfrageproduktion auf den Ressourcenverbrauch werden zudem im Zusammenhang mit ihren Auswirkungen auf die Bruttowertschöpfung, Erwerbstätigkeit, Treibhausgasemissionen und TMR betrachtet.

Untersucht werden folgende Szenarienelemente:

- a) die sektorale Reduktion der direkten Vorleistungseinsatzmenge um 10% bei gleich bleibender sektoraler Vorleistungskomposition und unverändertem monetären sektoralen Output. Der unveränderte Output betrifft sowohl die sektorale Produktionsmenge als auch die Verwendungsstruktur.
- b) die Verlagerung der Endnachfrageproduktionsmenge von den ressourcenintensiven Sektoren zu den ressourcenextensiven Sektoren bei konstant bleibender gesamtwirtschaftlicher monetärer Endnachfrage.

Das Ziel ist dabei die Abschätzung der direkten und indirekten Auswirkung auf den TMR, die eine veränderte Zusammensetzung der Produktion für die letzte Verwendung hervorriefe. Modelliert wird hierbei eine Senkung um 10% der Ausgaben (in Euro) für das Bündel der Endnachfrageproduktion der 12 ressourcenintensivsten Sektoren und im gleichen Gesamtbetrag anteilmäßig entsprechende Mehrausgaben für das Bündel der Endnachfrageproduktion der restlichen Branchen.

- c) die Veränderungen in Rohstoffwahl und Produktdesign, die langfristig den TMR des jeweiligen Produktsegments bis zu 50% vermindern können.

Für die Beantwortung der Fragen a) und b) wird hier die Input-Output-Analyse angewendet. Sie ermöglicht zumindest auf der Meso- und Makroebene – obwohl sie als Ex-Post Darstellung keine Ex-Ante Hypothesen enthält – die Folgeabschätzung von technischen Veränderungen bzw. strukturellen Handlungsmaßnahmen.

Die erwarteten Ergebnisse sind zum einen Aussagen über die Ansatzpunkte, wo ausgewählte ressourcenintensive Sektoren bei gegebener Inputkomposition vorrangig ansetzen können, um ihre direkten und indirekten Vorleistungen zu dematerialisieren. Hierfür dienen die ermittelten Ressourcenverbrauchseffekte des direkten und indirekten Vorleistungseinsatzes im Jahr 2000.

Zum anderen werden Schlussfolgerungen über die potenziellen gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen eines vorleistungsparenden technischen Fortschritts und einer dematerialisierten Endnachfrage anvisiert. Dies umfasst die zusammenhängenden Effekte auf den Ressourcenverbrauch, Bruttowertschöpfung, Treibhausgase und Erwerbstätigkeit.

Begründet durch die Fragestellung wird als Grundlage für die hier durchgeführte Untersuchung eine bestimmte monetäre Input-Output-Tabelle (MIOT) herangezogen, die als ein *mixtum compositum* zu betrachten ist. Der erste und zweite Quadrant dieser Tabelle enthalten Angaben aus den vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten monetären Tabellen der Importe und/oder der inländischen Produktion für das Jahr 2000 (in Preisen von 1995). Im dritten Quadrant wird unter anderem die sektorale Bruttowertschöpfung ausgewiesen. Die hier verwendete Version der MIOT 2000 weist den Vorteil auf, eine verbesserte Basis für die Ermittlung der monetären technischen Koeffizienten darzustellen<sup>5</sup>.

Die sektoralen Daten über den Globalen Materialaufwand (TMR) stammen aus der MFA-Datenbank des Wuppertal Instituts. Die Angaben über die Treibhausgase und der Erwerbstätigkeit wurden aus den im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (Jahr 2006) veröffentlichten Tabellen entnommen. Alle Daten beziehen sich ebenfalls auf das Jahr 2000.

Hinsichtlich der Beantwortung der Frage c) ist die Durchführung von Hochrechnungen für ausgewählte Produkte bzw. Güter vorgesehen. Dies dient der exemplarischen Darstellung der direkten Effekte, die sich aus einem veränderten Produktdesign und einer veränderten Produktzusammensetzung unmittelbar ergäben.

Grundlagen für die Durchführung der exemplarischen Hochrechnungen sind verschiedene Angaben in der Fachliteratur.

---

<sup>5</sup> Die auf dieser Weise erstellte MIOT charakterisiert sich dadurch, dass im ersten Quadranten (d.h. in der Verflechtungsmatrix) sowohl die inländischen als auch die importierten Vorleistungen abgebildet sind, während im zweiten Quadranten ausschließlich die inländische Endnachfrageproduktion dargestellt ist. Daraus folgt, dass der Gesamtoutput weder dem Geldwert der inländischen Produktion noch dem Geldwert des Gesamtaufkommens entspricht. Der Gesamtoutput bildet somit zunächst die Verwendung der verschiedenen Produktgruppen nach der im Inland angewendeten Produktionstechnik ab. Die Bilanzierung der Inputs und Outputs wird von der Vorgehensweise her wie im Falle der Gesamtaufkommenstabelle durchgeführt. Der Unterschied besteht darin, dass aus den sektoralen Exporten ausschließlich die gleichartigen Importe abgezogen werden, die bei der Produktion als Vorleistung eingesetzt wurden. Letztere werden hier als gleichartige importierte Vorleistungen auf der Inputseite dargestellt.

### 3 Bestimmung der Ausgangslage

Hinsichtlich einer betrachteten umweltökonomischen Größe "G" – z.B. den Indikator des Globalen Materialaufwandes (TMR) - bedeutet hier die Festlegung der Ausgangslage die Ermittlung der Auswirkungen des direkten und indirekten Vorleistungseinsatzes auf die Größe "G", den die Endnachfrageproduktion in der Status Quo Situation induziert<sup>6</sup>. Dafür sowie für die Abschätzung des gesamtwirtschaftlichen Effekts der Veränderung der sektoralen Produktionstechnik und der sektoralen Endnachfrageproduktionsmenge wurde in dieser Arbeit der Subsystem<sup>7</sup>-Ansatz des Zurechnungsmodells des Input-Output-Instrumentariums angewendet.

Durch den Subsystem-Ansatz werden alle direkten und indirekten Produktionserfordernisse bzw. Vorleistungen, die eine gegebene sektorale Endnachfrageproduktion voraussetzt, in ihrer sektoralen Zusammensetzung aufgegliedert. Die Wirkung der direkten und indirekten sektoralen Vorleistungsproduktion bzw. des Vorleistungseinsatzes auf die betrachtete umweltökonomische Größe "G" wird in der Form einer Verflechtungsmatrix (G-Matrix) dargestellt.

In dieser Untersuchung bezieht sich die Status Quo Situation auf das Jahr 2000. Die Kennzeichnung der Status Quo Situation bzw. Ausgangslage "Jahr 2000" wurde mit Hilfe von 4 Subsystem-Matrizen durchgeführt. Verwendung finden die Ressourcenverbrauch-Matrix (TMR-Matrix), die Bruttowertschöpfung-Matrix (BWS-Matrix), die Treibhausgasemission-Matrix (THG-Matrix) und die Erwerbstätigkeit-Matrix (ERW-Matrix).

Sie dienen der Abschätzung des gesamtwirtschaftlichen absoluten Effekts auf die hier untersuchten umweltökonomischen Indikatoren, der sich bei einer gegebenen Endnachfragekomposition aufgrund der bestehenden bzw. (hypothetisch) umgestalteten sektoralen Produktionstechnik ergibt.

#### 3.1 Ausgangslage – Ressourcenverbrauch

Die Charakterisierung der Ausgangslage "Jahr 2000" bezüglich des Globalen Materialaufwandes (TMR) erfordert die Ermittlung der für diese Berichtsperiode entsprechenden TMR-Matrix.

---

<sup>6</sup> Jede einzelne Veränderung in der sektoralen Produktionstechnik sowie jede Erhöhung bzw. Senkung der sektoralen Produktionsmenge hat eine bestimmte Auswirkung auf die gesamtwirtschaftliche Input- und Outputmenge. Die gesamtwirtschaftliche Outputmenge beeinflusst ihrerseits die Höhe von umwelt- und sozioökonomischen Größen, die von der Produktion abhängen. Die Quantifizierung der "neuen" Produktionsmenge und -zusammensetzung sowie der veränderten Wirkung erfordert demzufolge die genaue Bestimmung der Ausgangslage.

<sup>7</sup> Dem Begriff des Subsystems liegen Arbeiten von SRAFFA (Sraffa 1976) und PASINETTI (Pasinetti 1973) zugrunde. Nach SRAFFA werden in einem Subsystem  $j$ , das mathematisch gesehen ein Vektor ist, alle zur Produktion einer bestimmten sektoralen Endnachfrage  $j$  erforderlichen Produktionsaufwendungen zusammengefasst (vgl. Schnabl, H. 2000, S. 64).

Jede Eintragung  $tmr_{ij}$  in der TMR-Matrix zeigt den Ressourcenaufwand, der mit den direkten und indirekten Vorleistungslieferung vom Sektor  $S_i$  (Zeile  $i$ ) an Sektor  $S_j$  (Spalte  $j$ ) assoziiert ist, damit Sektor  $S_j$  seine Endnachfrageproduktion durchführen kann. Somit wird in jeder Spalte der TMR-Matrix der nach Sektoren ( $S_i$ ) aufgliederte Ressourcenaufwand dargestellt, der mit den direkten und indirekten Vorleistungserfordernissen von Sektor  $S_j$  verbunden ist<sup>8</sup>.

In Tab. 1 wird eine Zusammenfassung der TMR-Matrix für das Jahr 2000 präsentiert. Dabei handelt es sich also um die Darstellung des direkt und indirekt induzierten Ressourcenaufwands, der von der jeweiligen Endnachfrageproduktion ausgewählter Sektoren im Jahre 2000 ausgelöst wurde.

In den Spalten A bis L sind die Ressourcenaufwendungen dargestellt, die mit ausgewählten direkten und indirekten Vorleistungsbezügen der 12 ressourcenintensivsten Produktionsbereiche Deutschlands verbunden sind. Die entsprechenden Herkunftssektoren dieser ressourcenintensivsten Vorleistungen sind in den Zeilen 1 bis 16 abgebildet.

Die sektorale Reihenfolge in den Spalten A bis L zeigt in etwa die Stufenanordnung des produktionsbezogenen Ressourcenverbrauchs der deutschen Wirtschaft. Sie wurde durch Triangulation der TMR-Matrix ermittelt<sup>9</sup>. Daher die Dreiecksform der Eintragungen  $tmr_{ij}$ .

Von den 192 möglichen Positionen in Tab. 1 (Bereich: Zeilen 1 bis 16 und Spalten A bis L) sind lediglich 50 belegt<sup>10</sup>, alle oberhalb der Hauptdiagonale. Diese 50 Eintragungen, die größer als 5 Mill. t sind, wurden aus der ursprünglichen TMR-Matrix herausgefiltert. Hierfür diente als Kriterium ihre Größenordnung.

---

<sup>8</sup> Eine jede Eintragung  $tmr_{ij}$  in der TMR-Matrix lässt sich auch als die vom Sektor  $S_i$  (Zeile  $i$ ) vollzogene Ressourcenextraktion interpretieren, die direkt und indirekt durch die Endnachfrageproduktion von Sektor  $S_j$  (Spalte  $j$ ) induziert wird. Der gesamte direkte und indirekte Ressourcenverbrauch, den die Endnachfrageproduktion von Sektor  $S_j$  im Bezugszeitraum veranlasst, wird durch die Spaltensumme wiedergegeben.

<sup>9</sup> Siehe hierzu AP 2.1: "Identifikation prioritärer Handlungsfelder für die Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenproduktivität in Deutschland"

<sup>10</sup> In der hierfür berechneten symmetrischen ursprünglichen TMR-Matrix, die hier nicht dargestellt wird, werden 30 (Hybrid-) Sektoren abgebildet. Folglich hat sie 30 Zeilen und 30 Spalten, d.h. 900 Zellen.



Tab. 1: Durch die sektorale Endnachfrageproduktion induzierter Ressourcenverbrauch - Deutschland 2000 - Darstellung ausgewählter direkter und indirekter TMR-Auswirkungen für ausgewählte Produktionssektoren (Mill. Tonnen)

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sec.:	induziert durch die Endnachfrageproduktion vom Sektor: aufgewendet durch den Sektor:	10 Kohle (A)	14 Steine und Erden (B)	23 Kokerei, Mineralöl (C)	40 Energie (D)	26 Glas, Keramik (E)	27 Metalle (F)	1 Land-wirt-schaft (G)	24 Chemie (H)	45 Bau (I)	29 Maschi-nen (J)	15 Nah-rungs-mittel (K)	34 Kraft-wagen (L)
1	10	Kohle und Torf	159		82	407	50	108	18	131	152	72	95	134
2	14	Steine und Erden		102			82	144	17	28	434	48	64	97
3	02	Erz. Der Forstwirtschaft									9			
4	11	Erdöl, Erdgas			35	7		7		11	9	6	8	11
5	23	Kokerei-, Mineralölerzeugnisse			45					6	5			
6	40	Energie (Elektro, Gas)				17								
7	26	Glas, Keramik, Zement					5				9			
8	27	Metalle und Halbzeug daraus						268		9	32	62	5	120
9	21	Papier, Karton, Pappe											7	
10	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft							144				239	
11	20	Holz, Holzwaren									9			
12	24	Chemische Erzeugnisse								12				
13	45	Bauleistungen									231			
14	29	Maschinen										9		
15	15	Nahrungsmittel, Getränke											51	
16	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile												11
17	G	Sektorale gesamte und indirekte Auswirkung	161	105	163	440	140	534	184	210	902	211	479	400

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 2000 (WI – H. Schütz)

Insgesamt betrachtet machen alle diese 50 dargestellten Ressourcenaufwendungen 74% des gesamtwirtschaftlichen TMR Deutschlands aus<sup>11</sup>.

In der letzten Zeile von Tab. 1 wird für jeden der 12 ressourcenintensivsten Sektoren der gesamte Ressourcenverbrauch ( $tmr_j$ ) wiedergegeben, der durch den direkten und indirekten Einsatz von Vorleistungen aus allen Sektoren induziert wird. Diesen Eintragungen entsprechen die Spaltensummen der ursprünglichen TMR-Matrix, jedoch nicht die Spaltensummen von Tab. 1.

Im Einzelnen betrachtet stellt jede Eintragung  $tmr_{ij}$  in Tab. 1 nicht nur den Ressourcenaufwand, der mit dem direkten und indirekten Einsatz beim Sektor  $j$  von Vorleistungen aus Sektor  $i$  assoziiert ist dar<sup>12</sup>, sondern sie bildet auch eine akteursorientierte "Koordi-

<sup>11</sup> Die leeren Zellen in Tab. 1 sind in der ursprünglichen TMR-Matrix, durch TMR-Auswirkungen besetzt, deren Größenordnung unter 5 Mill. Tonnen liegt. Die Eintragungen in der Zeile 17 von Tab. 1 geben nicht die Spaltensumme über die Zeilen 1 bis 16 an, sondern sie entsprechen den Spaltensummen der ursprünglichen TMR-Matrix.

<sup>12</sup> Hierbei kommt der "Impuls" für den Ressourcenverbrauch aus der direkten Endnachfrageproduktion des Sektors  $j$  (Spalte  $j$ ). Die Umsetzung dieses Impulses in einer bestimmten entnommenen Ressourcenmenge wird durch den Sektor  $i$  (Zeile  $i$ ) betrieben.

nate" ab, an denen durch tiefergehende Analysen die möglichen Ansatzpunkte für die Erhöhung der Ressourcenproduktivität zu untersuchen sind. Die Aufgabe besteht darin, die Eintragungen  $tmr_{ij}$  in direkten sowie indirekten Ressourcenaufwendungen zu differenzieren.

Der direkte Ressourcenaufwand eines Sektors ist dabei die TMR-Auswirkung des direkten Einsatzes von Vorleistungen, also Vorprodukte, die in das Endprodukt unmittelbar inkorporiert werden.

Der indirekte Ressourcenaufwand ist hingegen die TMR-Auswirkung des Vorleistungseinsatzes, den ihrerseits die Produktion der eingesetzten Vorleistungen erfordert. Die indirekten Vorleistungen werden in das Endprodukt nicht unmittelbar inkorporiert.

Durch die explizite Unterscheidung der direkten von den indirekten TMR-Auswirkungen wird eine eindeutige Identifizierung der Ansatzpunkte für eine Reduktion des induzierten Ressourcenverbrauches durch den Vorleistungseinsatz beabsichtigt. Hierbei wird der unmittelbare und mittelbare beeinflussende Charakter der Vorleistungen berücksichtigt.

Im Folgenden wird die Beschreibung der Ausgangslage im Zusammenhang mit der Identifizierung dieser sektoral spezifischen potenziellen Ansatzpunkte durchgeführt. Die Untersuchung konzentriert sich dabei auf ausgewählte Sektoren

### **3.1.1 Sektor "Bauleistungen"**

Der Bedarf des Baugewerbes an direkten und indirekten Vorleistungen, um seine Endnachfrageproduktion durchzuführen, verursachte im Jahre 2000 einen Ressourcenaufwand<sup>13</sup> von insgesamt 902 Mill. t. Diese Ressourcenentnahme wurde zu 98% durch die Errichtung von Bauten und Infrastrukturen induziert.

Bezogen auf den gesamtwirtschaftlichen TMR<sup>14</sup> stellt diese aufgewendete Ressourcenmenge einen Anteil von 17% dar.

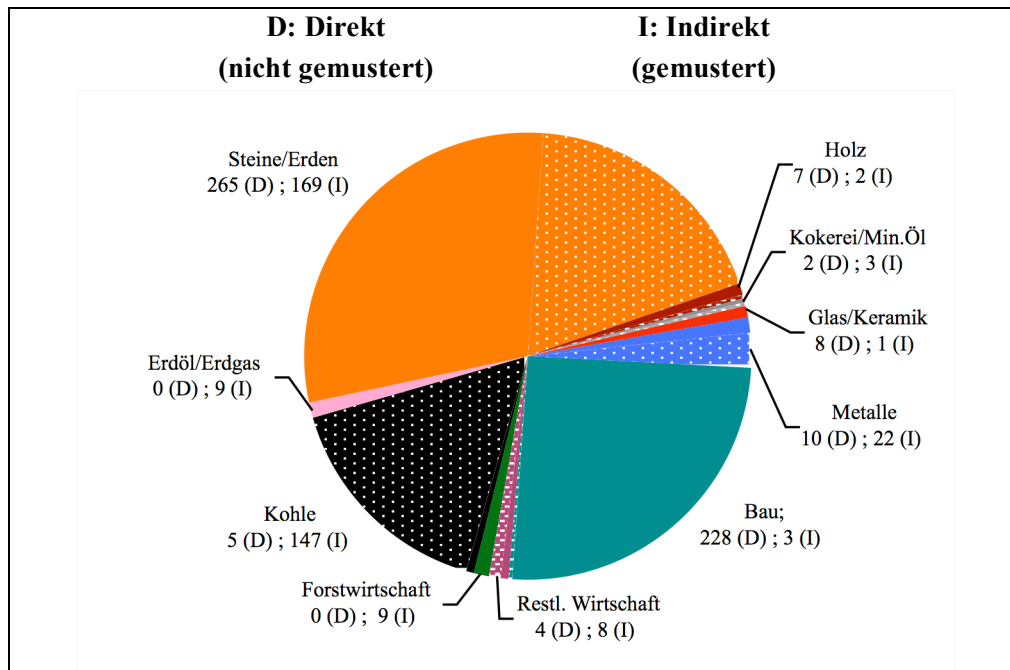
Tab. 1 und Abb. 1 zeigen die sektorale Aufgliederung des durch die direkten und indirekten Vorleistungserfordernisse des Bausektors verursachten TMR.

---

<sup>13</sup> Der insgesamt verursachte Materialaufwand durch den Vorleistungseinsatz aufgrund der inländischen sektoralen Endnachfrageproduktion umfasst hier: a) die Ressourcenentnahme im Inland, die die inländische Vorleistungsproduktion verursacht hat, und b) den Ressourcenaufwand im Ausland, mit dem die dafür benötigten importierten Vorleistungsmengen verbunden sind.

<sup>14</sup> Hierbei handelt es sich um den gesamtwirtschaftlichen Globalen Materialaufwand, der direkt und indirekt mit der inländischen Endnachfrageproduktion assoziiert ist. Der TMR der direkten Importe für die Endnachfrage wird hierbei nicht berücksichtigt. Der Bezug auf den produktionsbezogenen gesamtwirtschaftlichen TMR gilt auch in den nachstehenden Ausführungen, wenn die Rede vom "gesamtwirtschaftlichen TMR" ist. Siehe hierzu auch Fußnote 3.

Abb. 1: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Bauleistungen" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Während Tab. 1 den direkt und indirekt induzierten TMR produktgruppenspezifisch bzw. vorleistungsspezifisch angibt, zeigt Abb. 1, wie sich der induzierte produktgruppenspezifische TMR aus den betreffenden direkten und indirekten TMR-Anteilen zusammensetzt<sup>15</sup>.

Ein produktgruppenspezifischer direkter TMR-Anteil bildet dabei den Globalen Materialaufwand ab, der mit der direkt eingesetzten Menge der entsprechenden Vorleistung assoziiert ist. Demzufolge ist ein produktgruppenspezifischer direkter TMR-Anteil durch die Produktionstechnik und Endnachfrageproduktionsmenge des betrachteten Sektors bedingt<sup>16</sup> - hier der Bauindustrie.

Demgegenüber gibt ein produktgruppenspezifischer indirekter TMR-Anteil den Globalen Materialaufwand an, der mit dem indirekten Vorleistungsbedarf verbunden ist. Folg-

<sup>15</sup> Jeder produktgruppenspezifische direkt oder indirekt induzierte TMR-Anteil ist dem Produktionssektor zugeordnet, in dem die damit verbundene Vorleistungsmenge produziert wird. Der damit zusammenhängende direkte Ressourcenaufwand bzw. Ressourcennutzung wird also von dem entsprechenden vorleistungserzeugenden Sektor betrieben.

<sup>16</sup> Die gesamte TMR-Auswirkung des Einsatzes von Vorleistungen aus der eigenen Produktion lässt sich ebenfalls in einem direkten und einem indirekten Anteil differenzieren. Der indirekte TMR-Anteil bezieht sich auf die Vorleistungsmenge, die für die Produktion aller eingesetzten Vorprodukte benötigt wird. Dieser indirekte TMR-Anteil - überwiegend kleine Ausprägung - wird in dieser Untersuchung zusammen mit der endnachfragebezogenen direkten Vorleistungsmenge dargestellt. Begründet wird diese Darstellungsweise dadurch, dass diese "indirekte" Vorleistungsmenge auch in der entsprechenden sektoralen Produktion für die letzte Verwendung "inkorporiert" wird. Dies ermöglicht eine eindeutige Trennung zwischen dem TMR, der sich auf die in der Endnachfrageproduktion inkorporierten Vorleistungen bezieht und dem TMR, der mit den Vorleistungen assoziiert ist, die in der produzierten Menge für die Endnachfrage nicht inkorporiert werden.

lich ist ein produktgruppenspezifischer indirekter TMR-Anteil zum einen durch die benötigten Vorleistungsmenge im betrachteten Sektor und zum anderen durch die angewandte Produktionstechnik in den vorleistungsliefernden Sektoren bestimmt.

Entsprechend Tab. 1 und Abb. 1 wirkte sich der direkte und indirekte Vorleistungsbedarf der Bauindustrie im Jahre 2000 überwiegend auf den dafür getriebenen Ressourcenaufwand durch die Sektoren "Steine und Erden"(434 Mill. t), "Bauleistungen" (231 Mill. t), "Kohle und Torf"(152 Mill. t) und "Metalle" (32 Mill. t) aus.

Diese Ressourcenaufwendungen machen 94% des insgesamt direkt und indirekt induzierten Ressourcenverbrauchs durch die Bauindustrie aus. Somit sind sie die mengenmäßig relevantesten Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch, die vom direkten und indirekten Vorleistungseinsatz bei der inländischen Errichtung von Bauten und Infrastrukturen ausgehen (Abb. 1).

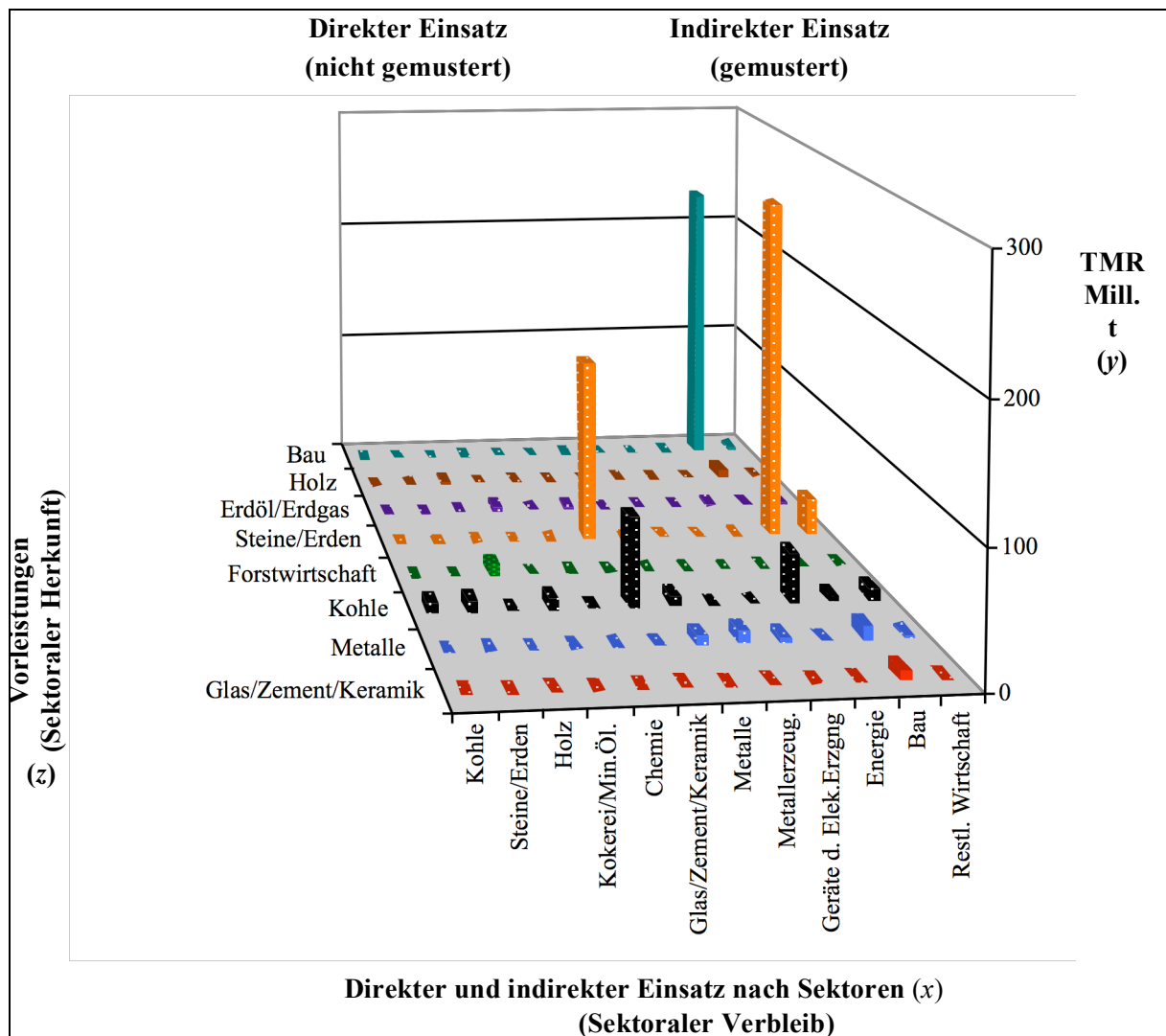
Von den 434 Mill. t Ressourcenaufwand, die durch den direkten und indirekten Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden" induziert wurden, waren 265 Mill. t mit dem unmittelbaren Vorleistungseinsatz in der Bauindustrie verbunden. Die restlichen 169 Mill. t waren mit dem indirekten Vorleistungsbedarf assoziiert. Davon wurden 142 Mill. t bei der Produktion der Vorleistungen aus dem Sektor "Glas/Keramik/Zement" eingesetzt. Diese letztere Unterteilung wird in Abb. 2 dargestellt.

Abb. 2 zeigt die produktgruppenspezifische Differenzierung des TMR in Folge des direkt und indirekt induzierten Vorleistungseinsatzes durch die Endnachfrageproduktion<sup>17</sup> der Bauindustrie im Jahre 2000.

---

<sup>17</sup> Die Produktionstechnik eines Sektors sowie dessen zu produzierende Endnachfragemenge bestimmen die Quantität des direkten Einsatzes der dafür benötigten verschiedenen Vorleistungen. Die Herstellung dieser Vorleistungen setzt ihrerseits den Einsatz der betreffenden Vorleistungen bei den Sektoren voraus, aus welchen sie stammen. Die insgesamt benötigte Vorleistungsmenge einer Gütergruppe, die die sektorale Endnachfrageproduktion voraussetzt, setzt sich dann aus allen in den verschiedenen Produktionsrunden eingesetzten Vorleistungsmengen aus dieser Gütergruppe zusammen. Der Vorleistungseinsatz beim Sektor, der die Herstellung für die Endnachfrage durchführt, wird hier als direkter Einsatz bezeichnet. Der Vorleistungseinsatz bei den Sektoren, die sich auf die Produktion der dafür notwendigen Vorleistungen konzentrieren, wird hier als indirekter Einsatz gekennzeichnet.

Abb. 2: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Bauleistungen" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Hierbei werden auf der Achse "z" die benötigten Vorleistungen nach Produktgruppen bzw. nach sektoraler Herkunft dargestellt, die die Endnachfrageproduktion der Bauindustrie voraussetzt<sup>18</sup>. Der direkte sowie indirekte Einsatz dieser benötigten produktgruppenspezifischen Vorleistungen in den verschiedenen Produktionssektoren wird auf der Achse "x" abgebildet<sup>19</sup>. Die Achse "y" zeigt die Höhe des damit verbundenen Ressourcenaufwandes (TMR).

<sup>18</sup> Der damit assoziierte gesamte TMR wurde sowohl in Tab. 1 wie in Abb. 1 dargestellt.

<sup>19</sup> Der direkte Einsatz der verschiedenen Vorprodukte beim "Sektor "Bauleistungen" wird auf der entsprechenden Reihe bzw. Spalte dieser Achse wiedergegeben, d.h. unter der Rubrik "Bau". Daher ist die Darstellung diese Eintragungen in Abb. 2 entsprechend der Darstellung in Abb. 1 nicht gemustert.

Im Falle der 152 Mill. t Ressourcen, die der Sektor "Kohle und Torf" für die Erzeugung von direkten und indirekten Vorleistungen aufgrund der Endnachfrageproduktion des Baugewerbes im Jahr 2000 aus der Natur entnahm, waren 67 Mill. t (44%) mit der Produktion von Vorleistungen aus dem Sektor "Glas/Keramik/Zement" assoziiert<sup>20</sup>. Der gesamte direkte und indirekte Energiebedarf für die Errichtung von Bauten und Infrastrukturen veranlasste hingegen einen Ressourcenaufwand von 37 Mill. t (24%). Die direkt und indirekt benötigten Vorleistungen aus den Sektoren "Steine und Erden", "Kohle und Torf", "Chemie", "Metalle" und "Kokerei-, Mineralölerzeugnisse" induzierten einen Ressourcenaufwand durch den Kohlebergbau zwischen 4% und 8% je Sektor (Abb. 2).

Von der Bauindustrie wurden insgesamt 231 Mill. t Ressourcen direkt und indirekt selbst aufgewendet, um ihre Endnachfrageproduktion durchzuführen<sup>21</sup>.

Damit die notwendigen Vorleistungen für die inländische Errichtung von Bauten und Infrastrukturen im Jahre 2000 produziert werden konnten, vollzog der Sektor "Metalle" in der gleichen Zeitperiode einen Ressourcenaufwand von 32 Mill. t. Davon sind 31% auf den direkten Einsatz im Baugewerbe zurückzuführen. Die TMR-Anteile, die mit dem indirekten Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Metalle" assoziiert sind, ergeben sich aus dem direkten und indirekten Einsatz über die Sektoren "Metallerzeugnisse" (30%), "Metalle" (19%) und "Geräte der Elektrizitätserzeugung" (12%).

Folglich sind im Falle der Bauindustrie die wichtigsten Ansatzpunkte für die Reduktion des induzierten Ressourcenverbrauchs durch den Vorleistungseinsatz:

- Der direkte und indirekte Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden". Dies betrifft den direkten Bezug von Kies, Sand, Kalk etc. und den Einsatz von Produkten aus der Glas/Keramik/Zement-Industrie, für die diese Rohstoffe auch benötigt werden.
- Die Einsatzmenge von eigenen Vorprodukten. Dies betrifft überwiegend den Ressourcenaufwand durch die vorbereitenden Baustellenarbeiten wie Abbruch- und Erdbewegungsarbeiten, Aufschließung von Lagerstätten, Test- und Suchbohrungen etc. Alle diese Bauaktivitäten bedingen eine eigene, extrem hohe nicht verwertete Ressourcenentnahme.
- Die direkte und indirekte Einsatzmenge von Vorleistungen aus dem Kohlenbergbau. Hierbei ist der TMR-Effekt des indirekten Einsatzes über die Sektoren "Energie" und "Glas/Keramik/Zement" erheblich relevanter als die Ressourcenverbrauchsauswirkung des direkten Einsatzes.

---

<sup>20</sup> Im Jahr 2000 wurden in Deutschland 3,23 Mill. t Braunkohlenstaub produziert. Davon lassen sich rund 2,4 Mill. t der inländischen industriellen Anwendung zuweisen, dies hauptsächlich der Zementherstellung. Von diesen 2,4 Mill. t Kohlenstaub sind nachweislich 1 Mill. t aus Braunkohle gewonnen (siehe hierzu: <http://www.kohlenstatistik.de>). Eine andere Anwendung von Kohle in der Glas- und Keramikindustrie ist die Herstellung von feuerfesten Keramiken. Dies ist jedoch mit geringfügigen Rohstoffmengen verbunden.

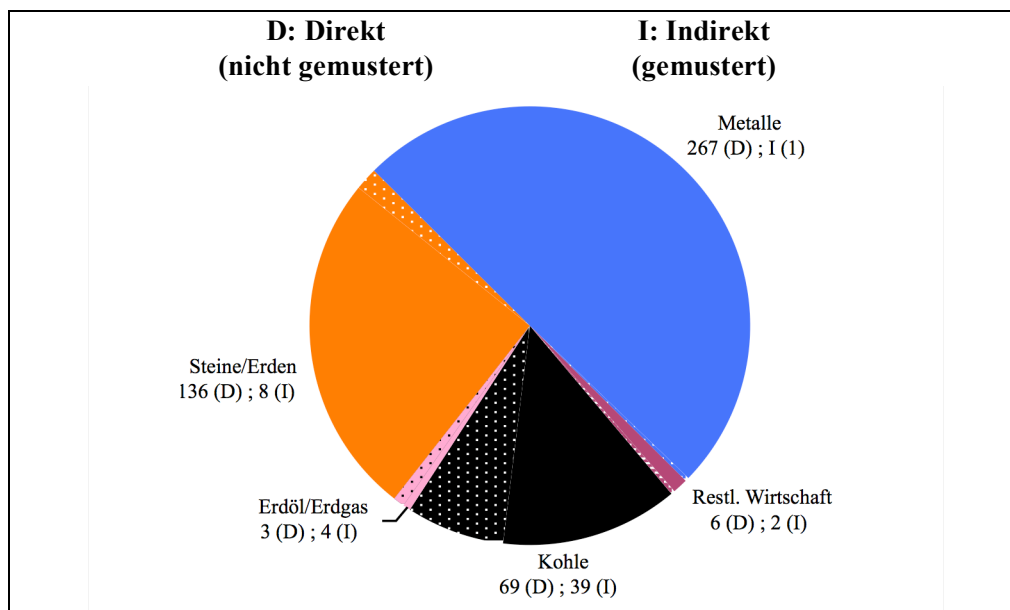
<sup>21</sup> Die eigenen Vorleistungen im Falle der Bauindustrie betreffen unter anderen die vorbereitenden Baustellenarbeiten wie Erdbewegungsarbeiten, Aufschließung von Lagerstätten, Test- und Suchbohrungen etc.

### 3.1.2 Sektor "Metalle und Halbzeug daraus"

Der direkte und indirekte Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion des Sektors "Metalle" war im Jahr 2000 mit einem Ressourcenaufwand von insgesamt 534 Mill. t verbunden. Der Anteil dieser sektoralen TMR-Auswirkung an den produktionsbezogenen gesamtwirtschaftlichen TMR im betrachteten Jahr beträgt 10%. Dieser TMR-Effekt ging zu 97% von der sektoralen Exportproduktion aus.

Die vorleistungsspezifische Aufgliederung der induzierten 534 Mill. t ist in Tab. 1 und Abb. 3 dargestellt.

Abb. 3: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Metalle" – 2000 (In Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Es lassen sich folgende Sachverhalte hervorheben:

Von den 534 Mill. t induziertem Ressourcenaufwand durch die Endnachfrageproduktion des Sektors "Metalle" sind 50% (268 Mill. t) auf den Bedarf nach eigenen Vorleistungen, 27% (144 Mill. t) auf die benötigte Vorleistungsmenge aus dem Sektor "Steine und Erden" und 20% (108 Mill. t) auf den Bedarf nach Vorleistungen aus dem Kohlebergbau zurückzuführen.

Hinsichtlich der 268 Mill. t Ressourcenverbrauch, die im Jahr 2000 der direkte und indirekte Einsatz von eigenen Vorleistungen veranlasste, werden 267 Mill. t direkt induziert. Dieser direkte TMR-Anteil betrifft den Ressourcenaufwand, der mit den selbst importierten Metallen und Halbzeug daraus verbunden ist. Er setzte sich im Jahre 2000 aus 13 Mill. t verwerteter und 254 Mill. t nicht verwerteter Extraktion im Ausland zusammen.

In Bezug auf die 144 Mill. t Ressourcenaufwand, mit welchen der direkte und indirekte Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden" assoziiert war, stellt sich die Bedeutung des direkten Vorleistungseinsatzes heraus. Der produktgruppenspezifische direkte TMR-Anteil lässt sich auf 136 Mill. t beziffern<sup>22</sup>, d.h. 94% von gesamten direkten und indirekten TMR-Auswirkung (Abb. 4). Die restlichen 8 Mill. t betreffen den TMR, der mit dem indirekten Vorleistungseinsatz verbunden ist.

Im Falle der 108 Mill. t Ressourcenaufwand, die mit den direkten und indirekten Vorleistungen aus der Kohleindustrie verbunden sind, sind 69 Mill. t (64%) direkter<sup>23</sup> und 39 Mill. t (36%) indirekter Natur.

Die 39 Mill. t Ressourcenaufwand, die mit dem indirekten Bedarf nach Vorleistungen aus dem Sektor "Kohle" verbunden sind, lassen sich wie folgt unterteilen: Mit dem Kohlenbedarf für die insgesamt benötigte Strommenge, die die Endnachfrageproduktion des Sektors "Metalle" im Jahr 2000 voraussetzte, war ein Ressourcenaufwand in Höhe von 20 Mill. t verbunden. Für die Produktion der benötigten Koksmenge war demgegenüber eine Ressourcenentnahme von 8 Mill. t notwendig. Die Produktion von Vorleistungen<sup>24</sup> aus den anderen Sektoren veranlasste ihrerseits einen TMR in Höhe von 11 Mill. t (Abb. 4).

---

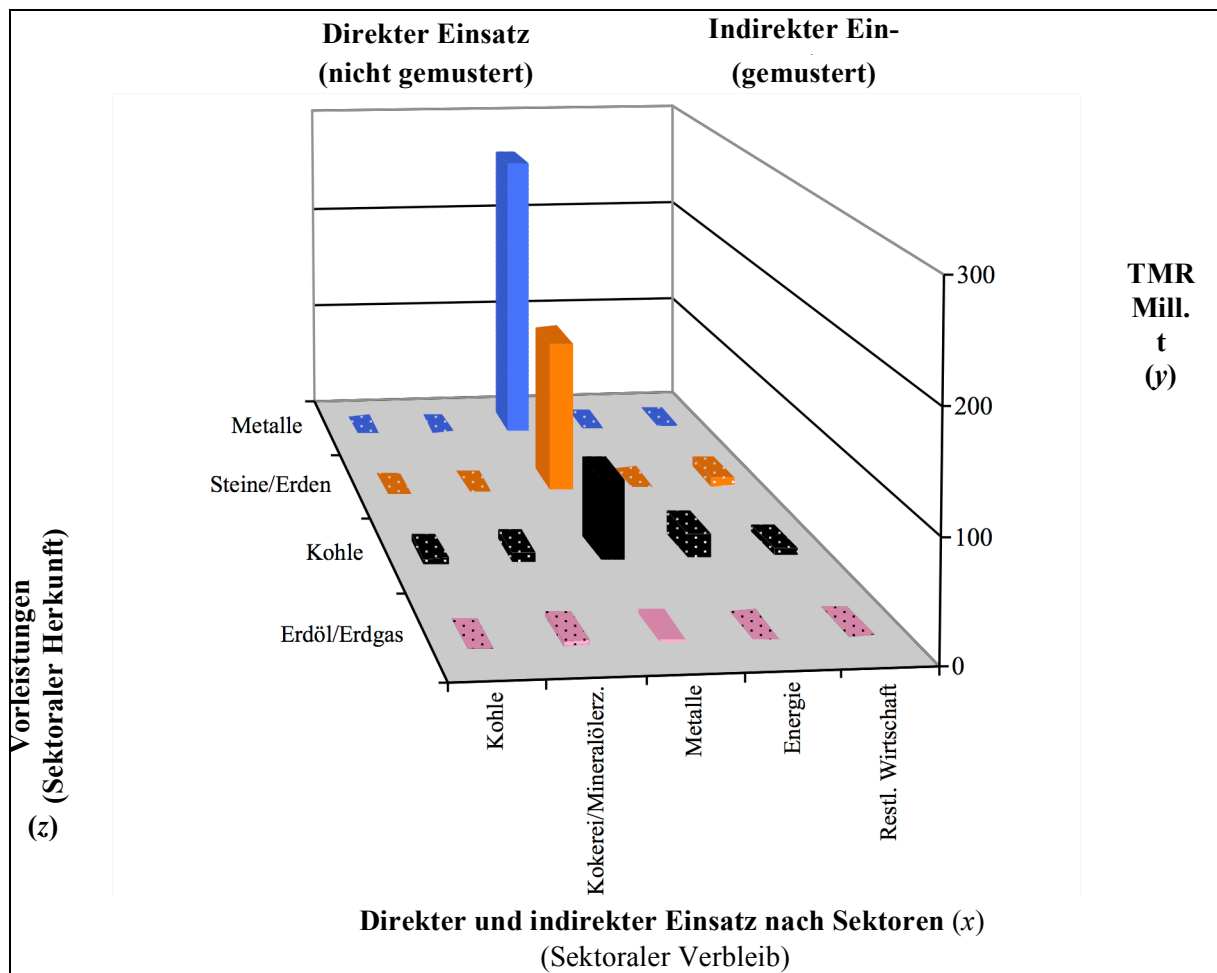
<sup>22</sup> Die Verwendung von Dolomit- bzw. Kalkprodukten in der Stahlindustrie stieg im Jahre 2000 auf rund. 2,4 Mill. t (siehe hierzu: Statistik der Stahlindustrie). Dies betrifft überwiegend die verwendete Menge beim Erzeugungsprozess von Roheisen und Oxigen-Stahl. Die eingesetzten Mengen für die internen Umweltschutzaktivitäten Stahl lassen sich statistisch nicht belegen.

<sup>23</sup> Diese 69 Mill. t induzierte Ressourcenentnahme setzt sich aus 8 Mill. t direktem Material Input (DMI) und 61 Mill. t ökologischem Rucksack (HF) zusammen. Nach der Statistik der Kohlewirtschaft wurden im Jahre 2000 ca. 10 Mill. t Steinkohle in der Stahlindustrie eingesetzt (siehe hierzu: Statistik der Kohlewirtschaft e.V.: Absatz des deutschen Steinkohlen nach Verbrauchsbereichen).

<sup>24</sup> Dies umfasst den Ressourcenaufwand, der mit dem Eigenverbrauch vom Sektor "Kohle und Torf" verbunden ist. Dieser Ressourcenaufwand beträgt ca. 5 Mill. t.



Abb. 4: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Metalle" – 2000 (In Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Dementsprechend sind die wichtigsten Ansatzpunkte für die Senkung des Ressourcenverbrauchs, der die Endnachfrageproduktion des Sektors "Metalle" (überwiegend für den Export) direkt und indirekt induziert, die folgenden:

- Die Einsatzmenge von eigenen Vorleistungen. Dies betrifft hauptsächlich die Zwischenproduktion, aus der die Endprodukte des "Sektors" Metalle erzeugt werden. Der enorme Ressourcenaufwand, mit welchem diese Produktion verbunden ist, wird in dominierender Weise durch die Ressourcenintensität der selbst importierten Metalle und Halbzeuge daraus mitbestimmt.
- Der Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden". Dies betrifft überwiegend die Dolomit- bzw. Kalkprodukte und Edelsande.
- Die direkte und indirekte Einsatzmenge von Kohle. Mengenmäßig relevant ist dabei insbesondere der Kohleeinsatz in der Eisen- und Stahlindustrie.

### 3.1.3 Sektor "Nahrungs- und Futtermittel, Getränke"

Der direkte und indirekte Vorleistungsbedarf der Nahrungsmittelindustrie für ihre Endnachfrageproduktion war im Jahr 2000 mit einem Ressourcenverbrauch in Höhe von 479 Mill. t verbunden, dies bedeutet 9% des gesamtwirtschaftlichen TMR. Die 479 Mill. t wurden im Wesentlichen durch die Produktion für den Konsum der Privaten Haushalte (80%) und für den Export (20%) induziert.

Nach Tab. 1 ist der induzierte Ressourcenaufwand durch die Nahrungsmittelindustrie wie folgt zusammengesetzt: 239 Mill. t aufgrund des Bedarfs an Vorleistungen der Produktgruppe "Landwirtschaft", 95 Mill. t wegen des direkten und indirekten Einsatzes von Vorleistungen aus dem Kohlebergbau, 64 Mill. t wegen der Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden", 51 Mill. t wegen der eigenen Vorleistungen der Produktgruppe "Nahrungsmittel" und 30 Mill. t wegen des direkten und indirekten Einsatzes anderer Vorleistungen (Abb. 5).

Beim induzierten Ressourcenverbrauch durch den Bedarf von Vorleistungen aus der Landwirtschaft überwiegt der direkte TMR-Anteil. Er lässt sich auf 233 Mill. t abschätzen (Abb. 6).

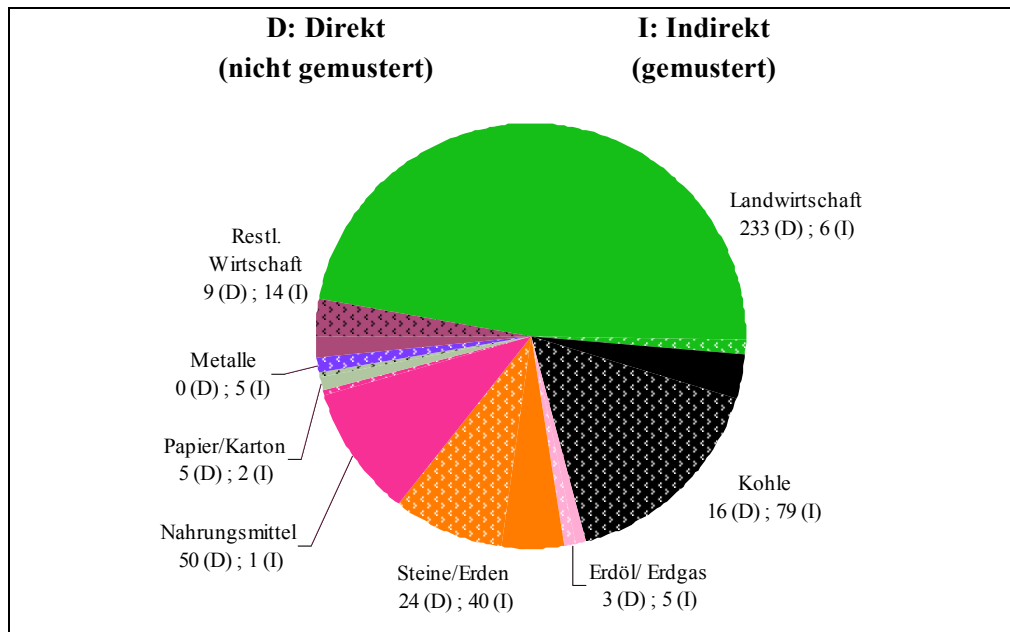
Im Falle der 95 Mill. t TMR, die mit dem gesamten Bedarf an Vorleistungen aus dem Kohlenbergbau verbunden sind, sind 79 Mill. t auf den indirekten Einsatz zurückzuführen. Davon werden 42 Mill. t durch den Strombedarf der Nahrungsmittelindustrie verursacht. Die Produktion der landwirtschaftlichen Vorleistungen verursachte hingegen einen Ressourcenaufwand von 13 Mill. t. Die Produktion anderer Vorleistungen erforderte den Einsatz von Kohleprodukten mit einem Ressourcenaufwand von 23 Mill. t<sup>25</sup>.

Der Ressourcenaufwand, der mit dem direkten Einsatz im Sektor "Nahrungsmittel" von Vorleistungen aus der Kohleindustrie verbunden ist, lässt sich auf 16 Mill. t. abschätzen (Abb. 6).

---

<sup>25</sup> Der Produktion von Vorleistungen durch die restliche Wirtschaft ist hierbei ein Anteil von 18 Mill. t zuzuordnen. Der Eigenverbrauch der Kohleindustrie, um diese Vorleistungsmenge zu produzieren, war mit einem Ressourcenaufwand von 5 Mill. t verbunden.

Abb. 5: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Nahrungsmittel" – 2000 (In Mill. Tonnen)



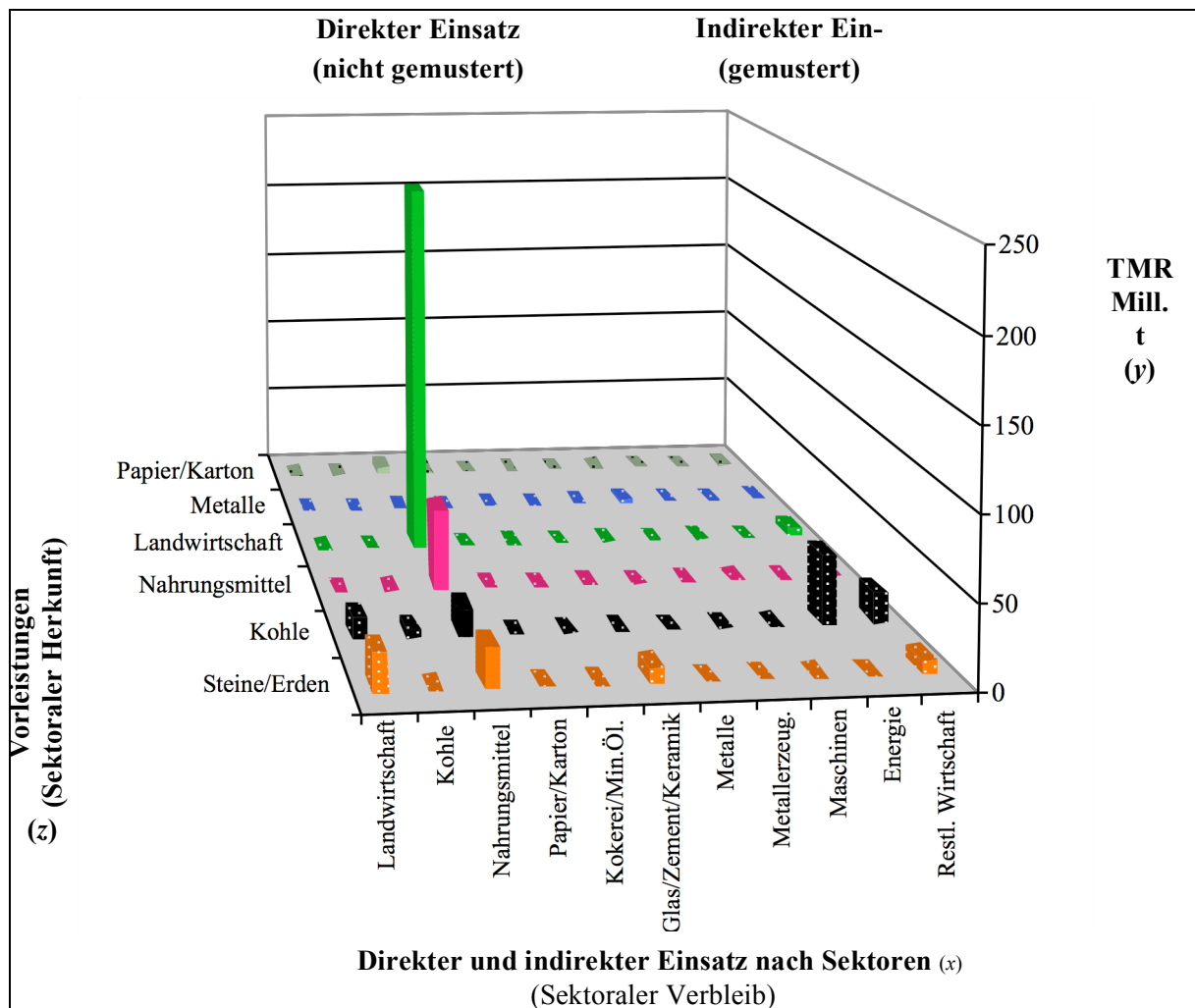
Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs, den der gesamte Vorleistungsbedarf aus dem Sektor "Steine und Erden" induziert, lässt sich wiederum ein dominierender Anteil des indirekten Vorleistungseinsatzes feststellen. In absoluten Größen beträgt der indirekte TMR-Anteil 40 Mill. t. Davon sind 23 Mill. t mit der Erzeugung der landwirtschaftlichen Vorleistungen (Düngermittel etc), 9 Mill. t mit der Produktion von Vorleistungen der Gruppe "Glas/Keramik/Zement" und 8 Mill. t mit der Produktion von Vorleistungen aus anderen Sektoren (Abb. 6).

Insgesamt ergibt sich ein Ressourcenaufwand von 24 Mill. t durch den Sektor "Steine und Erden", der auf den direkten Einsatz in der Nahrungsmittelindustrie von Vorleistungen dieser Produktgruppe zurückzuführen ist.

Bei den 51 Mill. t Ressourcen, die aufgrund des direkten und indirekten Eigenverbrauchs von Vorleistungen der Produktgruppe "Nahrungsmittel" aus der Natur im In- sowie Ausland entnommen wurden, beträgt der direkte TMR-Anteil 50 Mill. t.

Abb. 6: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Nahrungsmittel" – 2000 (In Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Demgemäß sind die wichtigsten Ansatzpunkte für die Verminderung des induzierten Ressourcenverbrauchs durch den Sektor "Nahrungsmittel" folgende Vorleistungen:

- Die Einsatzmenge von landwirtschaftlichen Vorleistungen. Die verarbeitete Menge an Biomasse könnte z.B. durch die Verminderung von Verlusten entlang der Produktions- und Konsumkette reduziert werden.
- Der direkte und indirekte Einsatz von Produkten aus der Kohleindustrie. Dies betrifft überwiegend den indirekten Einsatz über den Sektor "Energie", um den Strombedarf zu decken, den die Produktion aller notwendigen Vorleistungen voraussetzt. Auch hier spielt die Energieeffizienz der Verarbeitung einer wichtigen Rolle.

- Die Einsatzmenge von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden". Dies betrifft zum einen den direkten Einsatz von Mineralien bei der Lebensmittelproduktion. Zum anderen ist der indirekte Vorleistungseinsatz über den Sektor "Glas/Keramik/Zement", aufgrund der verbrauchten Kalkprodukte als Betriebsmittel unter anderem bei der Herstellung von Zucker sowie bei der Aufbereitung von Prozesswasser und Behandlung von Abwasser von Relevanz. Hierzu zählt auch der indirekte Einsatz über den Sektor "Landwirtschaft" aufgrund der Anwendung von Kalkprodukten für Düngungszwecke.
- Die Einsatzmenge von Vorleistungen der Produktgruppe "Nahrungsmittel". Dies betrifft überwiegend die von diesem Sektor selbst importierte Biomasse, die mit einem hohen ökologischen Rücksack verbunden ist. Der Ressourcenaufwand, der im Jahre 2000 mit der eingesetzten importierten Biomasse assoziiert war, setzt sich aus 14% verwerteter Entnahme und 86% nicht verwerteter Entnahme (hauptsächlich Erosion auf den Anbauflächen) zusammen.

### 3.1.4 Sektor "Energieversorgung"

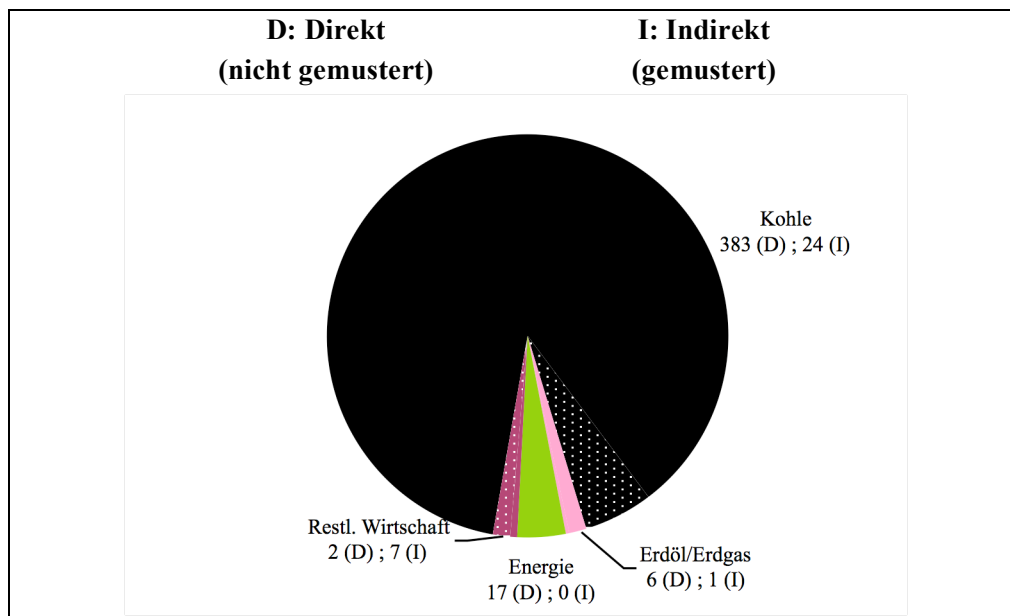
Der Ressourcenaufwand, den der gesamte direkte und indirekte Vorleistungsbedarf der Energiewirtschaft im Jahre 2000 aufgrund der Produktion für die Endnachfrage induziert hat, beträgt 440 Mill. t. Anteilsmäßig bedeutet dies 8% des im gleichen Jahr durch die inländische gesamtwirtschaftliche Produktion induzierten Ressourcenverbrauchs. Der induzierte sektorale TMR ist zu 95% auf die Stromerzeugung für die privaten Haushalte zurückzuführen.

Von den 440 Mill. t lassen sich 407 Mill. t dem gesamten Bedarf nach Vorleistungen aus dem Kohlenbergbau, 17 Mill. t dem Bedarf nach eigenen Vorleistungen und 7 Mill. t dem Bedarf nach Vorleistungen aus der Produktgruppe "Erdöl/Erdgas" zuordnen (Tab. 1). Die Differenzierung dieser produktgruppenspezifischen Ressourcenaufwendungen in direkte und indirekte Effekte ist in Abb. 7 dargestellt.

Abb. 7 zeigt, dass 94% (383 Mill. t) des Ressourcenverbrauchs, der mit den Vorleistungen aus dem Kohlenbergbau assoziiert ist, durch den direkten Einsatz und 6% (24 Mill. t) durch den indirekten Einsatz verursacht wurden. Von den 24 Mill. t indirekter TMR-Anteil sind 21 Mill. t auf den Einsatz beim Sektor "Kohle und Torf" und 3 Mill. t bei den restlichen Wirtschaftsaktivitäten zurückzuführen. Der indirekte Vorleistungseinsatz bei diesen Sektoren dient der Erzeugung der Vorprodukte, die direkt und indirekt benötigt werden, damit der Sektor "Energie" seine Produktion für die letzte Verwendung durchführen kann (Abb. 8).

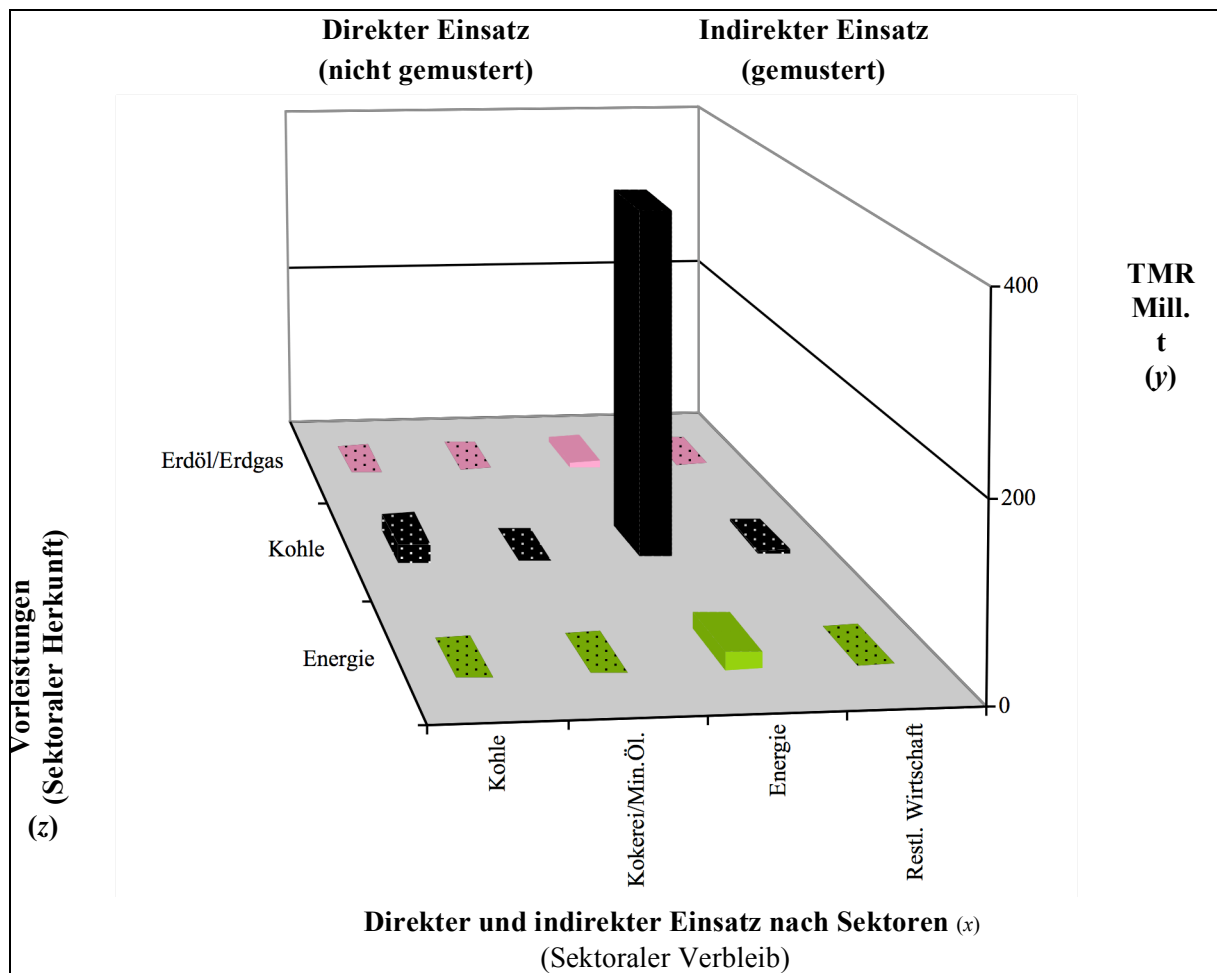
In Bezug auf die 17 Mill. t TMR, die durch den Vorleistungseinsatz aus der Produktgruppe "Energie/Gas" (bzw. aus eigener Produktion) induziert werden, handelt es sich um einen Ressourcenverbrauchseffekt, der durch den direkten Vorleistungseinsatz verursacht wird (Abb. 7 und Abb. 8).

Abb. 7: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Energie" – 2000 (In Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Abb. 8: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Energie" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

- Somit stellt der direkte und indirekte Einsatz von Vorleistungen aus der Produktgruppe "Kohle und Torf" den wichtigsten Ansatzpunkt für die Senkung des durch die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Energie" induzierten Ressourcenverbrauchs dar.

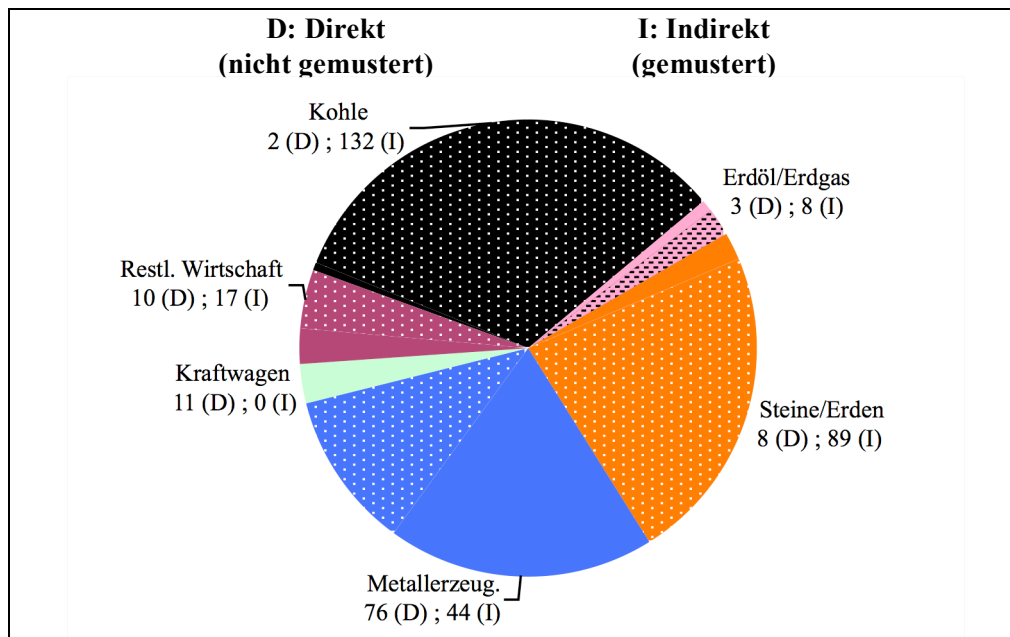
### 3.1.5 Sektor "Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen"

Der direkte und indirekte Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion der Automobilindustrie erforderte im Jahre 2000 einen gesamten Ressourcenaufwand von 400 Mill. t. Dieser Ressourcenverbrauch wurde überwiegend durch die produzierte Menge für den Export (66%), für den privaten Konsum (20%) und durch die Produktion von Ausrüstungen (9%) veranlasst. Diesem induzierten Ressourcenaufwand entsprechen 8% des durch die gesamte inländische Endnachfrageproduktion verursachten Ressourcenverbrauchs.

Von diesen ausgewiesenen 400 Mill. t Ressourcenverbrauch machen 93% die Ressourcenaufwendungen aus, die auf den Bedarf folgender Produktgruppen zurückzuführen sind: "Kohle und Torf" (134 Mill. t), "Metalle" (120 Mill. t), "Steine und Erden" (97 Mill. t), "Erdöl/Erdgas" (11 Mill. t) und "Kraftfahrzeuge" (11 Mill. t).

Die Aufteilung dieser vorleistungsspezifischen Ressourcenaufwendungen in direkter und indirekter TMR-Anteil wird in Abb. 9 gezeigt.

Abb. 9: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Kraftwagen u. Kraftwagenteile" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Vom größten produktgruppenspezifischen sektoral induzierten Ressourcenaufwand des Automobilbaus, d.h. dem, der auf den Einsatz von Vorleistungen aus dem (in- und ausländischen) Kohlebergbau zurückgeht, ist der größte Teil (132 Mill. t) indirekter Natur. Davon sind 63 Mill. t der Erzeugung der Strommenge zuzuschreiben, die von der Automobilindustrie im Jahre 2000 direkt und indirekt verbraucht wurde. Hingegen gin-



gen 31 Mill. t auf die Produktion von Vorleistungen aus der Produktgruppe "Metalle" und 9 Mill. t auf die Herstellung von Vorprodukten aus der Gruppe "Glas/Keramik/Zement" zurück. Ferner wurden 8 Mill. t von der direkten und indirekten Vorproduktmenge aus dem Sektor "Chemie" und 8 Mill. t von der Vorleistungsmenge aus der "Kokerei/Mineralölerzeugnisse" bestimmt. Die Erzeugung der Vorleistungen aus dem Sektor "Kohle und Torf" erforderte ebenfalls den Vorleistungseinsatz aus der Produktgruppe "Kohle" mit einer TMR Äquivalent von 8 Mill. t (Abb. 9 und Abb. 10).

Von den 120 Mill. t Ressourcenverbrauch für den gesamten Bedarf an Vorleistungen der Produktgruppe "Metalle" sind 63% (76 Mill. t) dem direkten und 37% (44 Mill. t) dem indirekten Einsatz zuzuordnen. Von den 44 Mill. t indirekter TMR-Anteil sind 22 Mill. t mit den Vorprodukten "Metalle", 13 Mill. t mit "Metallerzeugnissen", 9 Mill. t mit den Vorleistungen anderer Sektoren verbunden (Abb. 10).

Der direkte sowie der indirekte TMR-Anteil der 98 Mill. t Ressourcen, die aufgrund des gesamten Bedarfs nach Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden" aus der Natur entnommen wurden, betragen jeweils 8 Mill. t und 90 Mill. t.

Die 90 Mill. t Ressourcenentnahme, die durch den indirekten Vorleistungseinsatz bestimmt wurde, lassen sich wie folgt unterteilen: 61 Mill. t für die Herstellung von Vorleistungen der Gütergruppe "Metalle", 20 Mill. t für Vorprodukte der Gruppe "Glas/Keramik/Zement"<sup>26</sup> und 9 Mill. für Vorprodukte aus anderen Sektoren (Abb. 10).

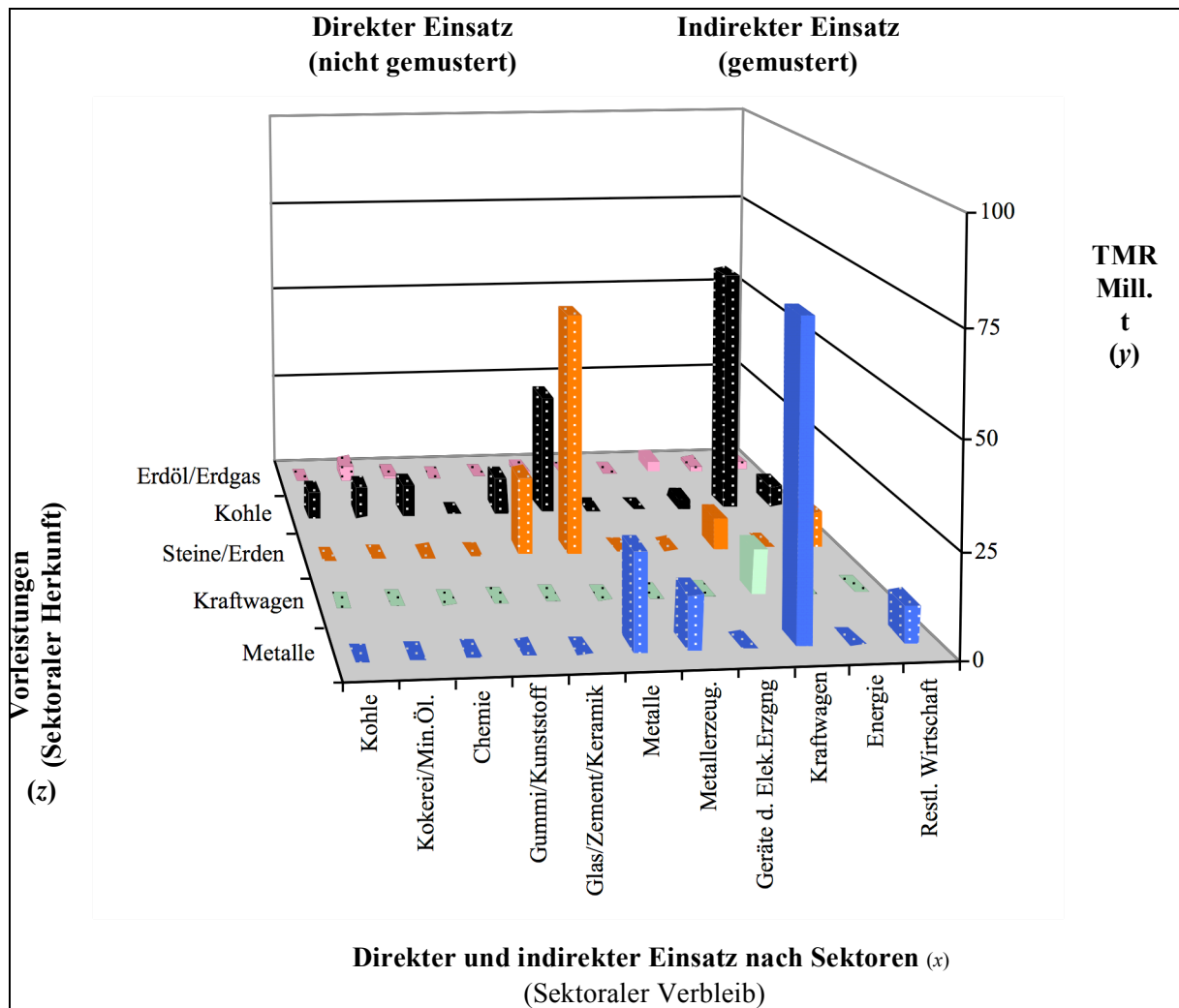
Der Ressourcenverbrauch von 11 Mill. t, der mit Vorleistungen aus eigener Produktion zusammenhängt, erfolgt über den Import. Dabei handelt es sich überwiegend um Metalle und deren ökologischen Rucksäcke<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> Hierbei handelt es sich um sämtliche Glasprodukte.

<sup>27</sup> Der Ressourcenaufwand, der mit den von der Automobilindustrie im Jahre 2000 importierten Metallen verbunden ist, setzt sich aus 1,8 Mill. t verwerteter Entnahme und 9,2 Mill. t nicht verwerteter Entnahme zusammen.

Abb. 10: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Kraftwagen u. Kraftwagenteile" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Die für die Vorleistungen von "Erdöl/Erdgas" aufgewendeten 11 Mill. t Ressourcen wurden zu 8 Mill. t durch den indirekten Einsatz induziert. Hierbei lassen sich den Vorleistungen aus der Gütergruppe "Kokerei/Mineralölerzeugnissen" 4 Mill. t, aus anderen Sektoren 2 Mill. t und jeweils ca. 1 Mill. t den Zwischenprodukten aus den Bereichen "Chemie", Energie" und "Metalle" zuweisen. Die direkt eingesetzte Vorleistungsmenge für die Endnachfrageproduktion der Automobilindustrie erforderte die Entnahme von ca. 3 Mill. t Ressourcen aus der Natur (Abb. 9 und Abb. 10).

Die wichtigsten Ansatzpunkte für die Senkung des Ressourcenaufwandes des Sektors "Kraftfahrzeuge" über die bezogenen Vorleistungen sind somit:

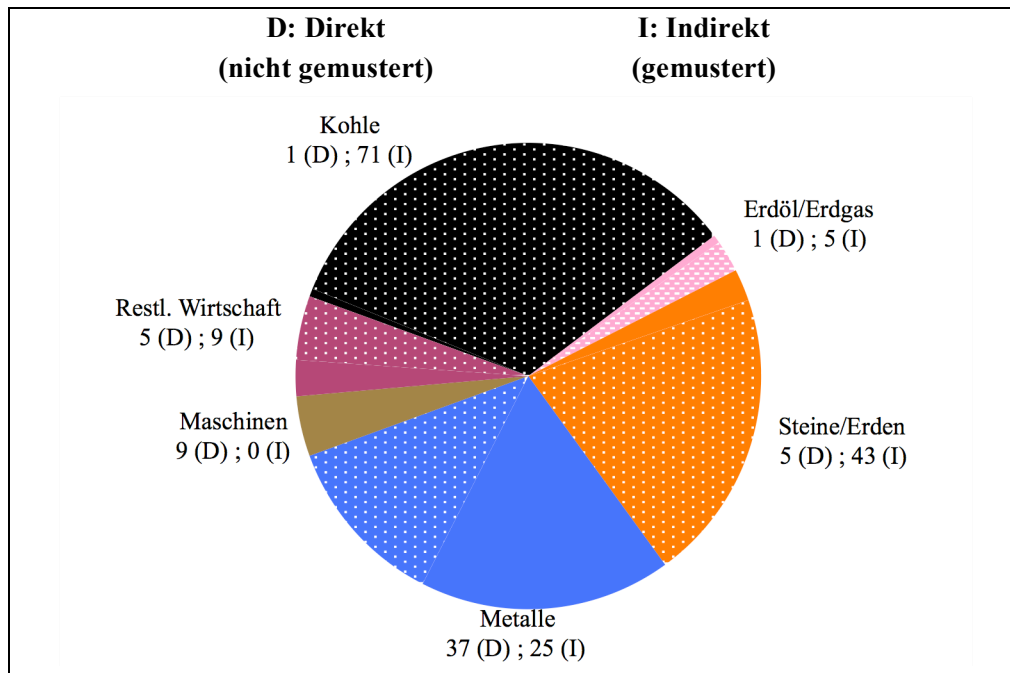
- Die direkte und indirekte Einsatzmenge von Vorleistungen aus der Produktgruppe "Metalle". Dies betrifft in erster Linie den direkten Einsatz. Wegen der Höhe der Menge ist jedoch auch der indirekte Einsatz über die Sektoren "Metalle" und "Metallerzeugnisse" von Relevanz. Damit kommt der Materialeffizienz im Automobilbau eine besondere Bedeutung zu.
- Die indirekte Einsatzmenge von Vorleistungen aus dem Kohlebergbau. Vorrangig ist hier der induzierte Vorleistungseinsatz über den Sektor "Energie" durch den enormen direkten und indirekten Strombedarf der Automobilindustrie. Hier wird die Bedeutung der Energieeffizienz deutlich. Nicht zu vernachlässigen ist gleichwohl der induzierte Einsatz über die Produktionsbereiche "Metalle", "Glas/Keramik/Zement", "Chemie" und "Kokerei". Deren Einsatz könnte durch eine Steigerung der Materialeffizienz vermindert werden.
- Die direkte und indirekte Einsatzmenge von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden". Der mengenmäßig bedeutsamere indirekte Einsatz wird durch die Erzeugung der Vorprodukte "Metalle" und "Glas und Keramik" bestimmt. Deren Aufwendungen können durch eine gesteigerte Materialeffizienz im Bereich Automobilproduktion beeinflusst werden. Der direkte Einsatz von Steinen und Erden geht überwiegend mit der Durchführung von innerbetrieblichen Umweltschutzaktivitäten einher. So werden z.B. Kalkprodukte für die Aufbereitung von Prozesswasser, die Abwasserbehandlung sowie die Luftreinigung verwendet.

### **3.1.6 Sektor "Maschinenbau"**

Die für die Endnachfrageproduktion der Maschinenbauindustrie erforderlichen direkten und indirekten Vorleistungen im Jahre 2000 waren mit einem Ressourcenaufwand von 211 Mill. t verbunden. Dies machte ca. 4% des produktionsbezogenen TMR Deutschlands aus. Ausgelöst wurde dieser Ressourcenaufwand durch die Nachfrage nach Ausrüstungsgütern zu einem Drittel für das Inland (33%) und zu zwei Dritteln für den Export (65%).

Die Zusammensetzung des Ressourcenaufwands für den direkten und indirekten Vorleistungsbedarf der Maschinenindustrie lässt sich aus Tab. 1 bzw. Abb. 11 entnehmen. Die größten Anteile werden mit 72 Mill. t durch Vorleistungen aus dem Kohlebergbau, mit 62 Mill. t durch Vorprodukte der Gütergruppe "Metalle" und 48 Mill. t durch Vorleistungen der "Steine und Erden" bestimmt. Durch den Vorleistungsbedarf aus der eigenen Produktion werden 9 Mill. t Ressourcenaufwand verursacht. Um die 6 Mill. t werden durch den direkten und indirekten Bedarf nach "Erdöl/Erdgas" und 14 Mill. t wegen des direkten und indirekten Einsatzes anderer Vorleistungen induziert.

Abb. 11: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Maschinenbau" – 2000 (in Mill. Tonnen)



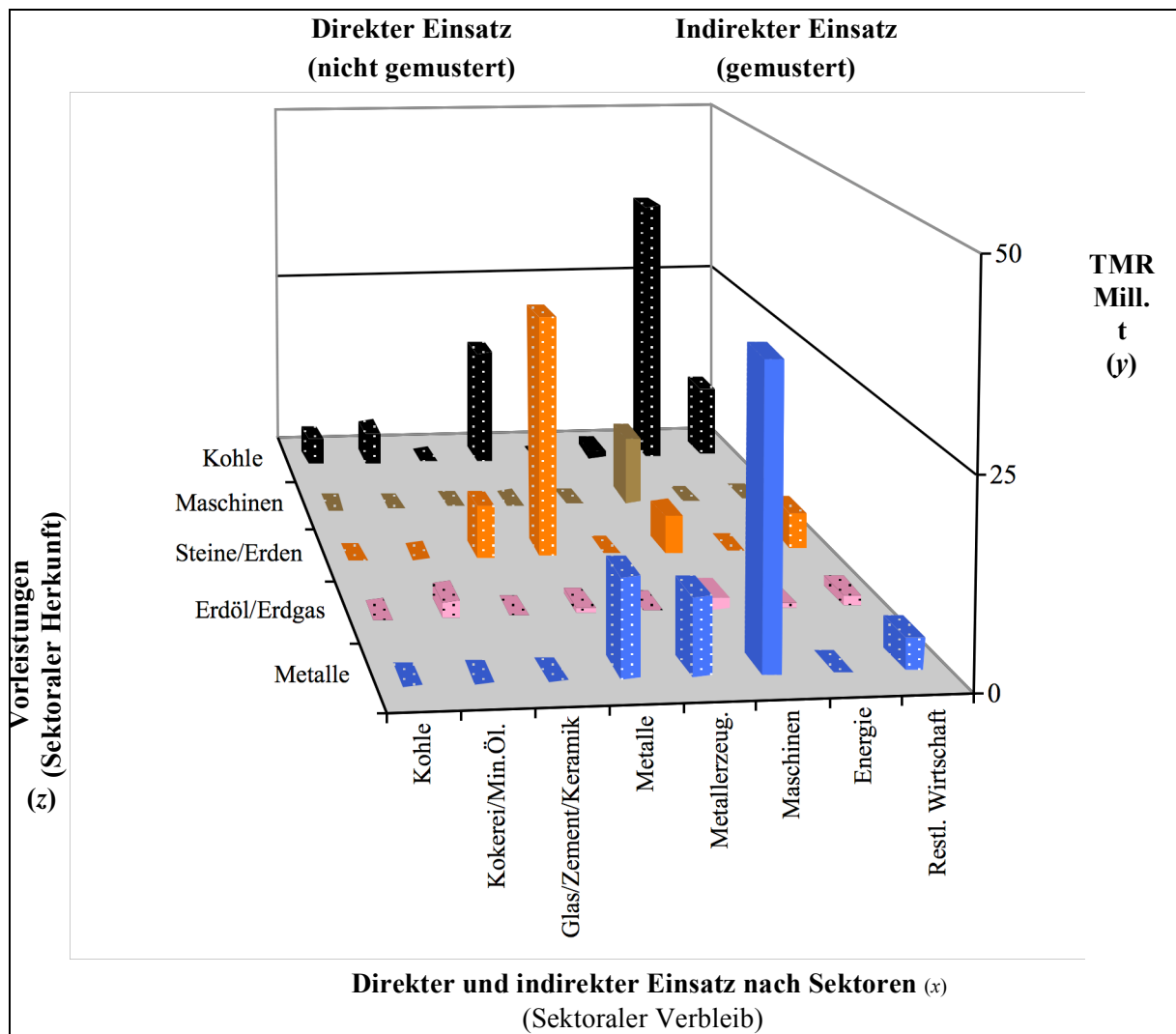
Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Die Ressourcenentnahme für die direkten und indirekten Vorleistungen des Maschinenbaus lässt sich wie folgt weiter aufschlüsseln (Abb. 12).

Von den 72 Mill. t Ressourcenaufwand für Vorleistungen aus der Kohleindustrie wurden 71 Mill. t durch den indirekten Einsatz verursacht. Davon waren 37 Mill. t mit dem direkten und indirekten Stromverbrauch und 16 Mill. t mit dem Vorleistungseinsatz aus der Produktgruppe "Metalle" verbunden. Für die Produktion von Vorleistungen der Gruppe "Kokerei/Mineralöl" sowie aus anderen Sektoren wurden jeweils 4 Mill. t und 14 Mill. t aufgewendet<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Hierbei ist der Ressourcenaufwand enthalten, den der Eigenbedarf der Kohleindustrie voraussetzt. Dieser TMR lässt sich auf 4 Mill. t beziffern. Der Einsatz der damit verbundenen Vorleistungsmenge ermöglicht die Erzeugung der Vorprodukte, die für die Endnachfrageproduktion der Maschinenindustrie notwendig sind.

Abb. 12: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Maschinenbau" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Hinsichtlich der 62 Mill. t Ressourcenaufwand für Vorprodukte aus der Gütergruppe "Metalle" sind 37 Mill. t auf den direkten Vorleistungseinsatz im Maschinenbaugewerbe und 25 Mill. t auf seinen indirekten Einsatz zurückzuführen.

Die induzierten 25 Mill. t TMR des indirekten Bedarfs nach "Metallen" lassen sich wie folgt unterteilen: 12 Mill. t für Vorleistungen der Gruppe "Metalle", 9 Mill. t für Vorleistungen der Gruppe "Metallerzeugnisse" und 4 Mill. t für andere Vorleistungen.

Die durch die Maschinenproduktion ausgelöste Ressourcenentnahme durch den Bereich "Steine und Erden" ist zu 10% (5 Mill. t) dem direkten und zu 90% (43 Mill. t) dem indirekten Vorleistungseinsatz zuzuschreiben. Von den 43 Mill. t Ressourcenaufwand des indirekten Einsatzes von "Steine und Erden" wurden 72% (31 Mill. t) durch die

Erzeugung der Vorleistungen aus der Gruppe "Metalle", 16% (7 Mill. t) aus der Gruppe "Glas/Keramik/Zement" und 12% (5 Mill. t) durch die Erzeugung von anderen Vorleistungen induziert.

Der Ressourcenaufwand der eigenen Vorleistungen von 9 Mill. t wurde ausschließlich durch den direkten Einsatz beim Maschinenbau induziert. Er fand überwiegend über den eigenen Import von Metallen und der damit assoziierten erheblichen nicht verwerteten Entnahme statt<sup>29</sup>.

Für die Verminderung des Ressourcenverbrauchs im Sektor "Maschinenbau" über die Vorleistungen ergeben sich damit folgende Ansatzpunkte:

- Die indirekte Einsatzmenge von Vorleistungen aus dem Kohlebergbau. Dies bezieht sich in erster Linie auf den indirekten Einsatz beim Sektor "Energie" aufgrund des Strombedarfs sowie auf den indirekten Einsatz beim Sektor "Metalle" wegen des Bedarfs an Stahlprodukten. Dies weist zum einen auf die Bedeutung einer Erhöhung der Energie- und zum anderen der Materialeffizienz auch im Maschinenbau hin.
- Der direkte und indirekte Einsatz von Vorleistungen der Produktgruppe "Metalle". Diese werden importiert oder über die heimische Metallindustrie bezogen. Eine Verminderung wäre bei einer erhöhten Materialeffizienz möglich.
- Die eingesetzte Menge von Vorprodukten aus dem Sektor "Steine und Erden". Dies betrifft vorwiegend die ressourcenintensive Bezüge über die Sektoren "Metalle" (wegen der Stahlerzeugung) und "Glas/Keramik/Zement". Im Vergleich dazu ist die direkt eingesetzte Vorleistungsmenge für die Durchführung von internen Umwelt-schutzaktivitäten und Aufbereitung von Prozesswasser zwar immer noch erheblich, aber von geringerer Relevanz.

### 3.1.7 Sektor "Herstellung von chemischen Erzeugnissen"

Der gesamte direkte und indirekte Vorleistungsbedarf der chemischen Industrie aufgrund ihrer Endnachfrageproduktion erforderte im Jahre 2000 einen Ressourcenaufwand von 210 Mill. t. Im Verhältnis zum gesamtwirtschaftlichen TMR stellt dieser Ressourcenaufwand einen Anteil von 4% dar. Die Impulse aus der Endnachfrage für diesen Ressourcenaufwand kamen überwiegend über den Export (84%), zu einem geringeren Teil über den Konsum der Privaten Haushalte (8%) und den Staatsverbrauch (6%) zustande.

Die produktgruppenspezifische Aufgliederung der 210 Mill. t Ressourcenaufwand lässt sich aus Tab. 1 entnehmen. Nach Tab. 1 waren 131 Mill. t mit den direkten und indirekten Vorprodukten aus der Kohlewirtschaft, 28 Mill. t mit den Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden" und 12 Mill. t mit den eingesetzten eigenen Produkten verbunden. Der direkte und indirekte Einsatz von "Erdöl/Erdgas" verursachte hingegen

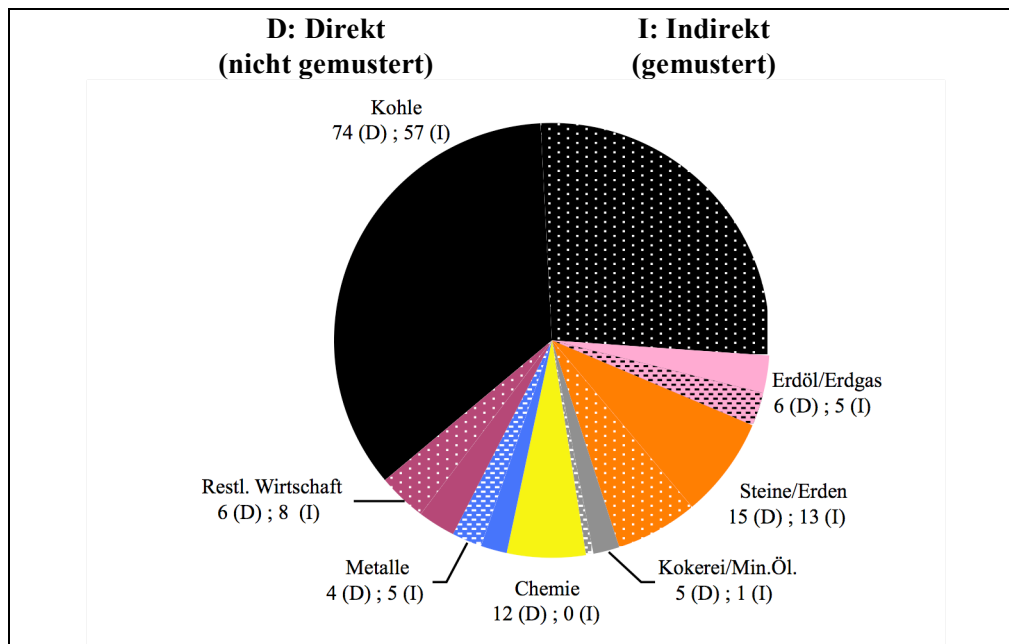
---

<sup>29</sup> Das Verhältnis der verwerteten Entnahme zur nicht verwerteten Entnahme beträgt hierbei 1 zu 5,4.

11 Mill. t, von "Metalle" 9 Mill. t, von Vorleistungen aus der Gruppe "Kokerei/Mineralöl" 6 Mill. t und von Vorprodukten aus anderer Sektoren 14 Mill. t (Tab. 1).

Die Unterteilung dieser Ressourcenaufwendungen in direkte und indirekte TMR-Anteile wird in Abb. 13 gezeigt.

Abb. 13: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Chemie" – 2000 (In Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Hinsichtlich der 131 Mill. t Ressourcenaufwand, die mit den Vorprodukten aus der Kohleindustrie verbunden waren, entfielen 74 Mill. t auf den direkten<sup>30</sup> und 57 Mill. t auf den indirekten Vorleistungseinsatz. Von den indirekt induzierten 57 Mill. t Ressourcenaufnahme waren 32 Mill. t mit dem direkten und indirekten Strombedarf verbunden<sup>31</sup>. Die Produktion von Vorleistungen aus der Gruppe "Kokerei/Mineralöl" sowie aus anderen Sektoren erforderte hingegen einen Aufwand durch die Kohleindustrie von jeweils

<sup>30</sup> Die Aufteilung der 74 Mill. t in verwertete und nicht verwertete Entnahme ergibt einen direkten Materialinput (DMI) von ca. 8,4 Mill. t und einen ökologischen Rucksack von 65,6 Mill. t. Die 8,4 Mill. t stellt die Menge an Kohleprodukten dar, die die chemische Industrie als Grundstoff nutzt. Angewendet wird Kohle insbesondere bei der Herstellung von Substraten, Düngemitteln oder neuen Werkstoffen wie Karbonfasern. Siehe hierzu: [http://www.gvst.de/site/steinkohle/versorgungssicherheit\\_oel\\_gas.htm](http://www.gvst.de/site/steinkohle/versorgungssicherheit_oel_gas.htm). Eine weitere wichtige Verwendung von Kohle in der chemischen Industrie ist der Einsatz von Aktivkohle als Adsorptionsmittel zur Entfernung unerwünschter Farb-, Geschmacks- und Geruchsstoffe aus Gasen, Dämpfen und Flüssigkeiten sowie bei der Aufbereitung von Prozesswasser, Behandlung von Abwässern und anderen internen Umweltschutzaktivitäten wie bei der Reinigung der Luftemissionen.

<sup>31</sup> Die damit zusammenhängende Kohlemenge wird indirekt über den Sektor "Energie" eingesetzt. Dies ergibt sich aus der funktionellen Gliederung der Produktionsbereiche in der für diese Untersuchung verwendeten Input-Output-Tabelle.

10 Mill. t. und 8 Mill. t. Der Eigenverbrauch der Kohleindustrie<sup>32</sup> veranlasste eine Extraktion von 7 Mill. t (Abb. 14).

In Bezug auf die 28 Mill. t TMR, mit welchem im Jahre 2000 der direkte und indirekte Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden" assoziiert war, sind 15 Mill. t direkter Natur und 13 Mill. t indirekter Natur<sup>33</sup>.

Von den indirekt induzierten 13 Mill. t Ressourcenextraktion durch den indirekten Einsatz von Vorprodukten aus dem Sektor "Steine und Erden" gehen 5 Mill. t auf die Erzeugung von Vorleistungen der Gruppe "Glas/Keramik/Zement" und jeweils 4 Mill. t auf die Herstellung von Vorprodukten "Metalle" und aus den anderen Sektoren zurück (Abb. 14).

Für den direkten Einsatz von gleichartigen Gütern, d. h. chemischen Erzeugnissen, lässt sich ein TMR von 12 Mill. t abschätzen. Dieser Ressourcenverbrauch, der über den direkten Import seitens der chemischen Industrie erfolgt, setzte sich im Jahre 2000 zu 93% (11 Mill. t) aus verwerteter Entnahme und 7% (1 Mill. t) nicht verwerteter Entnahme zusammen.

Im Falle der 11 Mill. t Ressourcenaufwand, die mit dem direkten und indirekten Einsatz von Vorleistungen aus der Gruppe "Erdöl/Erdgas" zusammenhängen, sind 5 Mill. t (58%) auf den indirekten Einsatz zurückzuführen. Davon waren 4 Mill. t mit der Produktion der Vorleistungen aus der Gruppe "Kokerei/Mineralöl" und 1 Mill. t mit der Erzeugung der Vorleistungen aus anderen Sektoren verbunden. Die beim Sektor "Chemie" direkt eingesetzte Menge an "Erdgas/Erdöl" war demgegenüber mit einem Ressourcenverbrauch von 6 Mill. t assoziiert.

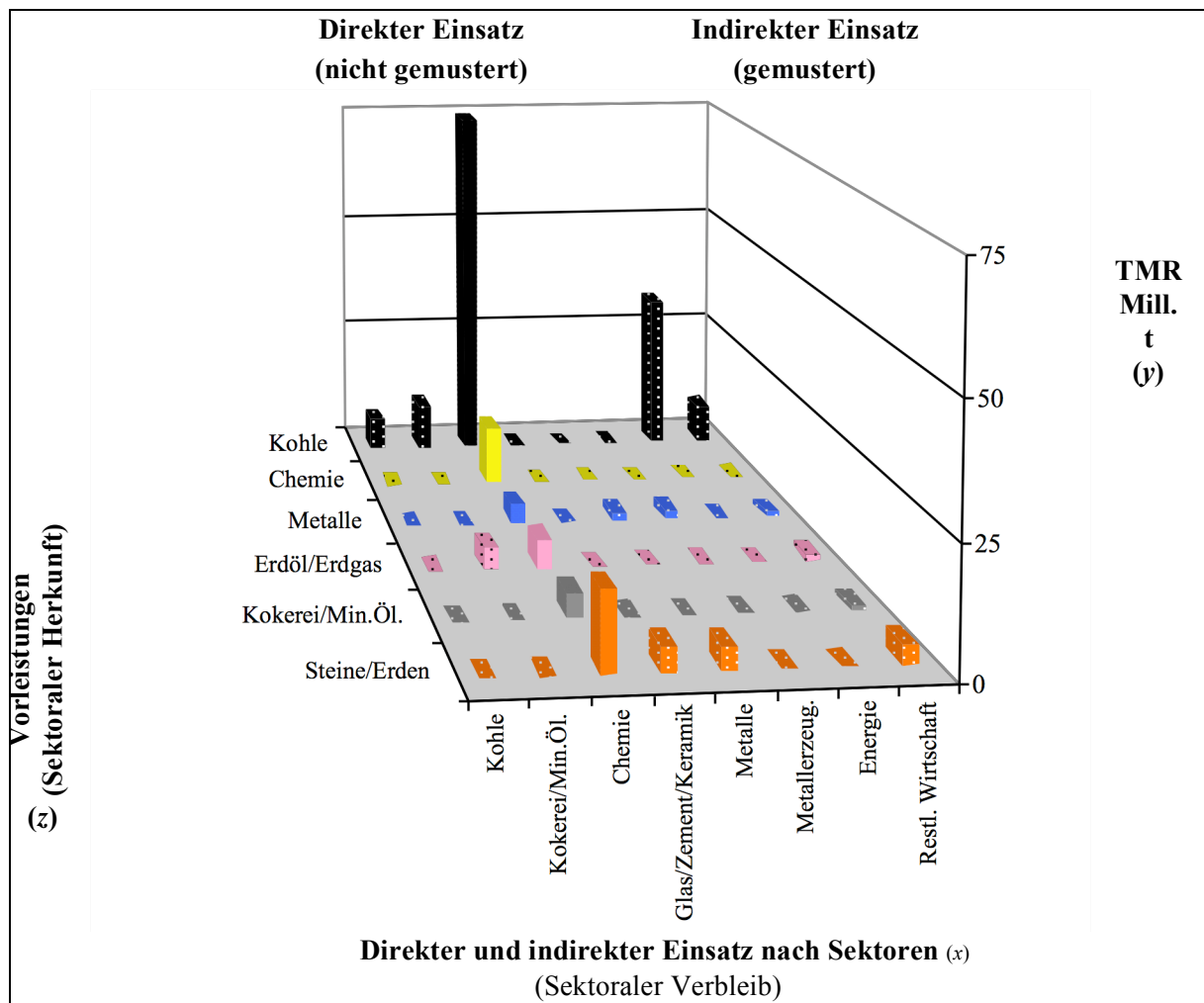
---

<sup>32</sup> Dies betrifft den Einsatz bei der Kohleindustrie von Vorleistungen aus der eigenen Produktion. Die Eigenverbrauchsmenge steht hier im produktionstechnisch bedingten mengenmäßigen Verhältnis zur Endnachfrageproduktionsmenge des Sektors "Chemie".

<sup>33</sup> Die 15 Mill. t Ressourcen setzen sich aus 93% (14 Mill. t) verwerteter und 7% (1 Mill. t) nicht verwerteter Entnahme zusammen. In Bezug auf die Materialmenge - vorwiegend inländischer Herkunft -, die für die Endnachfrageproduktion der Chemieindustrie tatsächlich eingesetzt wird, wird vermutet, dass es sich um ungebrannte und gebrannte Kalk- und Dolomitprodukte handelt. Kalk wird in der chemischen und pharmazeutischen Industrie in verschiedenen Prozessen eingesetzt. Wegen der Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen ist eine differenzierte statistische Erfassung dieser Mengen recht kompliziert. Zu den wichtigsten Anwendungen zählen die eingesetzten Mengen bei der Herstellung von organischen Grundstoffen für die Kunststoff- und Farbstoffproduktion, Soda, gefälltes Calciumcarbonat (Füllstoff), etc. Eine weitere mengenmäßige relevante Anwendung ist der Einsatz von Kalk bei der Aufbereitung von Prozesswasser und die Durchführung von internen Umweltschutzaktivitäten.



Abb. 14: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Chemie" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Die 9 Mill. t Ressourcenaufwand, die der direkte und indirekte Bedarf nach Vorprodukten der Gruppe "Metalle" induzierte, waren zu 44% (4 Mill. t) mit dem direkten und zu 56% (5 Mill. t) mit dem indirekten Einsatz verbunden. Von den 5 Mill. t indirekter TMR-Anteil waren jeweils 2 Mill. t mit der Vorleistungen aus der Gruppen "Metalle" und "Metallzeugnisse" und 1 Mill. t mit den Vorleistungen aus anderen Sektoren assoziiert.

Bei der durchgeführten Ressourcenentnahme, die mit eingesetzten Mengen von Vorleistungen aus der Gruppe "Kokerei/Mineralöl" verbunden ist, betrug der direkte TMR-Anteil 5 Mill. t<sup>34</sup>.

<sup>34</sup> Hierbei handelt es sich zum einen um Koks und seine Derivate, wie Teer, Schwefelsäure, Ammoniak etc, die durch das Erhitzen von Kohle mittels eines trockenen Destillationsverfahrens gewonnen werden und in chemischen Werken weiter aufbereitet werden. Zum anderen beinhalten diese Lieferungen die Grundstoffe aus der Mineralölverarbeitung.

Die relevantesten Ansatzpunkte für die Verminderung des direkt und indirekt induzierten Ressourcenverbrauchs durch den Vorleistungseinsatz in der Chemischen Industrie sind folglich:

- Die direkte und indirekte Einsatzmenge von Vorleistungen aus dem Kohlebergbau.

Dies betrifft vorwiegend den indirekten Einsatz über den Sektor "Energie", der vom enormen Stromverbrauch der chemischen Industrie bestimmt wird. Die Erhöhung der Energieeffizienz entlang der innerbetrieblichen Produktionsprozesskette spielt dabei eine wichtige Rolle.

Der indirekte Kohleeinsatz über den Sektor "Kokerei/Mineralöl" ist mengenmäßig betrachtet nicht so hoch wie über den Sektor "Energie", dennoch von großer Bedeutung. Dies betrifft die Herstellung von Grundstoffen und Substraten wie Teer, Schwefelsäure, Ammoniak, Naphthalin, Benzol und Kokereigas.

Der direkte Einsatz von Kohleprodukten für die Gewinnung von Werkstoffen wie z. B. Karbonfasern sowie die Verwendung von Aktivkohle als Adsorptionsmittel und Betriebsmittel. Diese zuletzt genannte Anwendung stellt bei den internen Umweltschutzaktivitäten eine nicht unerhebliche Ressourcenmenge dar.

- Der direkte und indirekte Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden". Gemeint ist hiermit zum einen der enorme direkte Verbrauch von Kalkprodukten bei der Erzeugung von Düngemittel sowie bei der Herstellung von Füllmittel, das in verschiedenen Produkten der chemischen Industrie enthalten ist (Farben, Medikamenten, Kosmetik, etc.). Zum anderen ist der Einsatz von Kalk und Sanden für die Aufbereitung und Filterung von Prozesswasser, Behandlung von Abwasser und Luftemissionsreinigung zu berücksichtigen.
- Die direkt sowie indirekt über den Sektor "Kokerei/Mineralöl" eingesetzte Menge von Vorleistungen aus der Gruppe "Erdöl/Erdgas". Die Herstellung der Brut- und Spaltstoffe für die chemische Industrie beruht heutzutage auf Erdöl und Erdgas. Anders als im Falle des Kohleeinsatzes handelt es sich hier um Vorleistungen, deren ökologische Rucksäcke in einem Verhältnis zum direkten Materialinput von 0,2 zu 1 stehen und nicht wie bei der Produktgruppe "Kohle und Torf" von 7,7 zu 1.

### 3.1.8 Sektor "Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steine und Erden"

Aufgrund der Endnachfrageproduktion des Sektors "Glas/Keramik/Zement" wurden im Jahre 2000 ca. 140 Mill. t. Ressourcen verbraucht. Dieser Ressourcenverbrauch, der 3% des TMR Deutschlands darstellt, wurde zu 70% durch die Produktion für den Export und zu 26% durch die Produktion für den Konsum ausgelöst<sup>35</sup>.

Die mengenmäßig relevanten aufgewendeten Ressourcenmengen, die mit dem direkten und indirekten Einsatz der verschiedenen Vorleistungen beim Sektor "Glas/Keramik/Zement" verbunden sind, lassen sich aus Tab. 1 entnehmen.

Nach Tab. 1 induzierte der direkte und indirekte Vorleistungsbedarf des Sektors "Glas/Keramik/Zement" überwiegend die Ressourcenextraktion durch die Sektoren, "Steine und Erden" (82 Mill. t), "Kohle und Torf" (50 Mill. t) und "Glas/Keramik/Zement" (5 Mill. t). Insgesamt stellen diese drei Ressourcenaufwandsmengen 98% des sektoralen gesamten Ressourcenverbrauchs dar.

In Abb. 15 werden der direkte und der indirekte TMR-Anteil jeder dieser produktgruppenspezifischen Ressourcenverbräuche voneinander differenziert.

Von den 82 Mill. t Ressourcen, die aufgrund des Bedarfs nach Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden" aus der Natur abgebaut wurden, waren 97% (80 Mill. t) durch den direkten Einsatz bestimmt<sup>36</sup>. Der indirekte Einsatz erforderte dagegen 2 Mill. t. Letzterer wurde für die Produktion von Vorleistungen aus anderen Sektoren verwendet (siehe Abb. 15 und Abb. 16).

Hingegen waren die 50 Mill. t Ressourcenverbrauch, die der gesamte Bedarf nach Vorleistungen aus dem Sektor "Kohle und Torf" verursacht hat, zu 76% (38 Mill. t) durch den direkten<sup>37</sup> und zu 24% (12 Mill. t) durch den indirekten Einsatz induziert. Von den 12 Mill. t indirekten TMR-Anteil lassen sich 7 Mill. t der Erzeugung der Strommenge zuschreiben, die für die Produktion des Sektors "Glas/Keramik/Zement" und dessen Vorleistungen verbraucht wurde. Der Herstellung von Vorleistungen aus anderen Sektoren sowie dem Eigenbedarf der Kohleindustrie<sup>38</sup> entfielen jeweils 3 Mill. t und 2 Mill. t (Abb. 16).

---

<sup>35</sup> An der Stelle gilt es erneut darauf hinzuweisen, dass es sich hier ausschließlich um die Untersuchung der Auswirkungen des direkten und indirekten "Vorleistungseinsatzes" handelt, die zum einem durch die angewendete Produktionstechnik und zum anderen durch die sektoral produzierte Menge zum Zwecke der letzten Verwendung bestimmt wird.

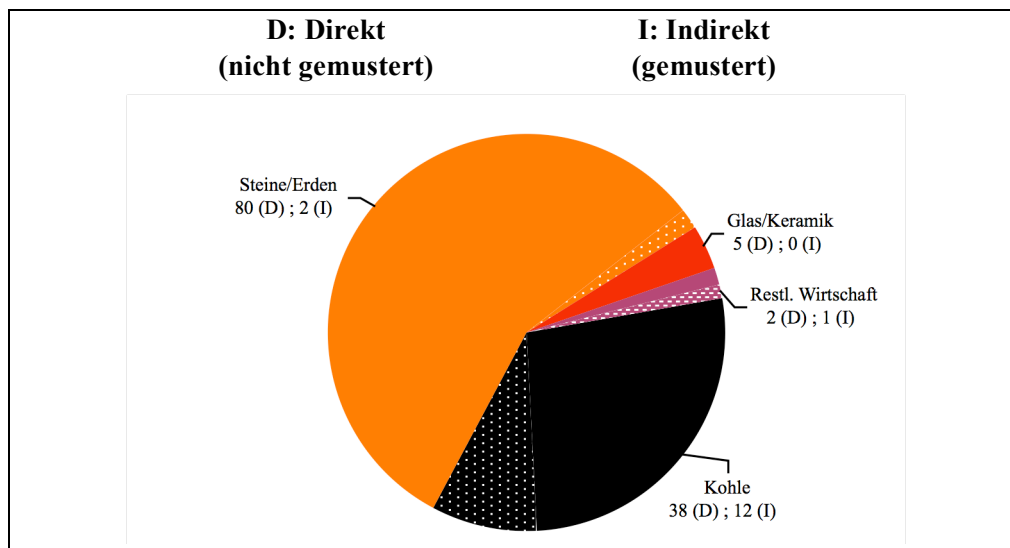
<sup>36</sup> Grundstoffe für die Glasherstellung sind Sand, Pottasche, Soda und Kalk. Der wichtigste basische Bestandteil der Rohstoffe ist Kalk – als Kalksteinmehl oder Brandkalk –, durch dessen Einsatz erst die Verfestigung des Glases erreicht wird. Der Verbrauch je nach Glassorte variiert von 100 bis 300 kg/t Glas. Vgl. BV Kalk (2006a) S. 48. Ferner werden Kalkprodukte und Sand in diesem Sektor verwendet, um verschiedene Baumaterialien und -produkte herzustellen. Zu diesen Letzteren zählen z.B. Zement, Sandsteine etc.

<sup>37</sup> Bei der Verwendung von Produkten aus der Kohleindustrie handelt es sich im Falle dieses Sektors überwiegend um Braunkohlenstaub, der als Brennstoff bei der Zementherstellung eingesetzt wird.

<sup>38</sup> Der Eigenbedarf der Kohleindustrie ist durch ihre eigene Produktionstechnik bedingt. Diese legt die Menge eigener Produkte fest, die der Sektor "Kohle und Torf" als Vorleistung einzusetzen hat, damit er die nachgefragte Menge nach seinen Produkten befriedigen kann. Im konkreten Fall der nachgefragten Kohlemenge für die Endnachfrageprodukti-

Die 5 Mill. t Ressourcenaufwand, die mit dem Eigenverbrauch des Sektors "Glas/Keramik/Zement" verbunden sind, wurden ausschließlich durch den direkten Einsatz induziert. Dieser Ressourcenaufwand fand über den eigenen Import von Bau- (60%) und Industriemineralien (40%) statt. Die verwertete Entnahme betrug insgesamt 3 Mill. t und die nicht verwertete Entnahme 2 Mill. t.

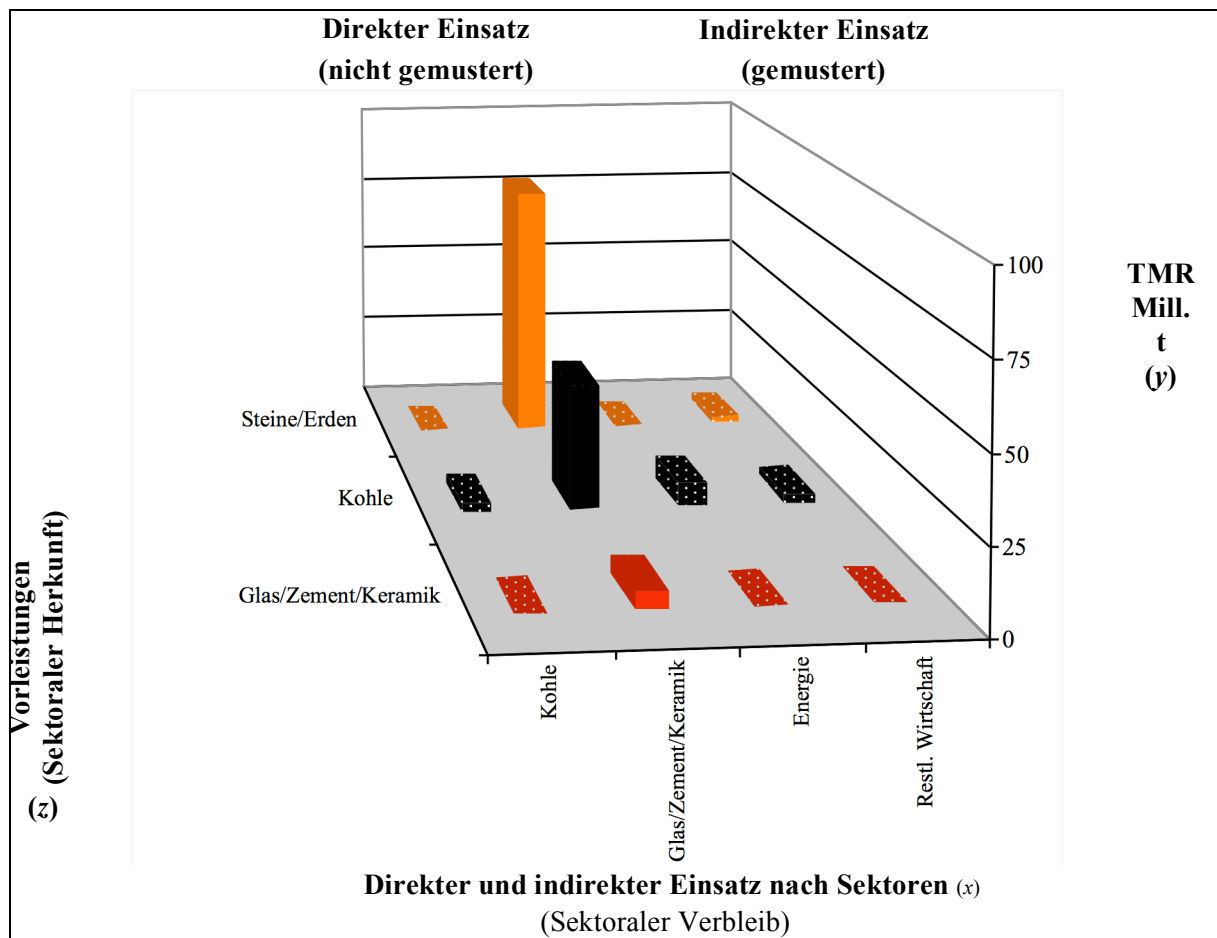
Abb. 15: Induzierter Ressourcenaufwand durch den Vorleistungsbedarf für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Glas/Keramik/Zement" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

on des Sektors "Glas/Keramik/Zemente" handelt es sich um eine eigene Lieferung, die mit einem Ressourcenaufwand von ca. 2 Mill. t verbunden ist.

Abb. 16: Induzierter Ressourcenaufwand durch den sektoralen direkten und indirekten Vorleistungseinsatz für die Endnachfrageproduktion vom Sektor "Glas/Keramik/Zement" – 2000 (in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung und Darstellung auf der Grundlage der MIOT 1991–2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 1991–2000 (WI – H. Schütz)

Für die Senkung des Ressourcenverbrauchs im Sektor "Glas/Keramik/Zement" über die eingesetzten Vorleistungen sind die wichtigsten Ansatzpunkte also:

- Die direkte und indirekte Einsatzmenge von Vorleistungen aus dem Sektor "Steine und Erden". Dies betrifft den Einsatz von Kalksteinmehl oder Brandkalk bei der Herstellung von Glas und Zement sowie den Einsatz von Kies, Sand und weiteren Rohstoffe für die Erzeugung von Keramik-, und Betonprodukte.
- Die direkte und indirekte Einsatzmenge von Vorleistungen aus der Kohleindustrie. Hierbei ist insbesondere der Verbrauch von Braunkohlenstaub als Betriebsmittel bei der Zementherstellung von Relevanz.

### 3.2 Ausgangslage – Bruttowertschöpfung

Die direkte und indirekte Bruttowertschöpfung, die durch die Endnachfrageproduktion jeder der 12 ressourcenintensivsten wirtschaftlichen Aktivitäten Deutschlands im Jahre 2000 ausgelöst wurde, wird in den Spalten der letzten Zeile von Tab. 2 unter der Rubrik "Sektorale gesamte direkte und indirekte Auswirkung" dargestellt<sup>39</sup>.

Eine Eintragung in den anderen Zeilen der Spalten A bis L von Tab. 2 beziffert hingegen eine produktspezifische direkt und indirekt induzierte Bruttowertschöpfung, d.h. die Bruttowertschöpfung, die ein Sektor<sup>40</sup>, z.B. die Automobilindustrie (Spalte L), durch den direkten und indirekten Einsatz einer Vorleistungsmenge aus einem bestimmten Sektor bzw. Produktgruppe induziert (Fußnote 41). Die Zugehörigkeit dieser eingesetzten Vorleistung zu einer Produktgruppe bzw. zu einem liefernden Sektor ist aus der dritten Spalte von Tab. 2 zu entnehmen. In der dritten Spalte von Tab. 2 werden ausschließlich die Vorleistungen aufgelistet, deren Einsatz sich bei zumindest einer der 12 ressourcenintensivsten wirtschaftlichen Aktivitäten Deutschlands durch einen hohen Ressourcenaufwand auszeichnet. Diese Interpretation gilt analog für die anderen Sektoren.

Die Gegenüberstellung von Tab. 1 und Tab. 2 zeigt eine vollkommen übereinstimmende Belegung der verschiedenen Positionen in beiden Tabellen<sup>41</sup>. Folglich gibt jede Eintragung in Tab. 2 die Bruttowertschöpfung an, die durch den sektoralen direkten und indirekten Einsatz einer bestimmten Vorleistungsmenge induziert wird, die gleichzeitig mit einem hohen Ressourcenaufwand assoziiert ist. Der jeweilige Ressourcenaufwand ist bereits in Tab. 1 ausgewiesen worden.

<sup>39</sup> Demzufolge ist Tab. 2 die Zusammenfassung der hierfür berechneten aber nicht dargestellten BWS-Matrix. Letztere beinhaltet die direkten und indirekten Bruttowertschöpfungsauswirkungen aller 30 (Hybrid-) Produktionsbereiche, zu denen in dieser Untersuchung die deutsche Wirtschaft aggregiert wurde. Jede Eintragung  $b_{ws_{ij}}$  in der BWS-Matrix zeigt die vom Sektor  $S_i$  (Zeile  $i$ ) erbrachte ökonomische Leistung, die direkt und indirekt durch die Endnachfrageproduktion von Sektor  $S_j$  (Spalte  $j$ ) induziert wird. Die gesamte direkte und indirekte sektorale Bruttowertschöpfung, die die Endnachfrageproduktion von Sektor  $S_j$  im Bezugszeitraum veranlasst, wird durch die entsprechende Spaltensumme der BWS-Matrix wiedergegeben. Diese Spaltensumme lässt sich als der direkte und indirekte sektorale Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) interpretieren

<sup>40</sup> Hierbei werden die 12 ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands betrachtet.

<sup>41</sup> Dies bedeutet nicht, dass die anderen Positionen in der ursprünglichen BWS-Matrix leer sind. Im Gegenteil dazu sind die entsprechenden Zellen in der BWS-Matrix belegt, in manchen Fällen sogar mit höheren Beträgen als die in Tab. 2 abgebildeten Eintragungen. In Tab. 2 werden bewusst ausschließlich die Eintragungen der BWS-Matrix dargestellt, die von der Position her den Eintragungen in Tab. 1 entsprechen. Hiermit wird die unmittelbare Verknüpfung zwischen der Bruttowertschöpfung und dem Ressourcenaufwand beabsichtigt, die mit dem Einsatz der ressourcenintensivsten Vorleistungen in den 12 ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands verbunden sind

Tab. 2: Durch die sektorale Endnachfrageproduktion induzierte Bruttowertschöpfung - Deutschland 2000  
- Darstellung ausgewählter direkter und indirekter BWS-Auswirkungen für ausgewählte Produktionssektoren (Mill. Euro in Preisen von 1995)

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sec.:	induziert durch die Endnachfrageproduktion vom Sektor: erbracht durch den Sektor:	10 Kohle (A)	14 Steine und Erden (B)	23 Kokerei, Mineralöl (C)	40 Energie (D)	26 Glas, Keramik (E)	27 Metalle (F)	1 Landwirtschaft (G)	24 Chemie (H)	45 Bau (I)	29 Maschinen (J)	15 Nahrungsmittel (K)	34 Kraftwagen (L)
1	10	Kohle und Torf	158		82	405	50	108	18	130	151	71	95	133
2	14	Steine und Erden		187			149	263	32	51	793	87	117	178
3	02	Erz. Der Forstwirtschaft									194			
4	11	Erdöl, Erdgas			82	17		16		27	21	14	18	26
5	23	Kokerei-, Mineralölzeugnisse			2 227					278	258			
6	40	Energie (Elektro, Gas)				13 739								
7	26	Glas, Keramik, Zement					4 102				7 314			
8	27	Metalle und Halbzeug daraus						6 632		212	796	1 531	127	2 977
9	21	Papier, Karton, Pappe											698	
10	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft							6 901				11 431	
11	20	Holz, Holzwaren									2 448			
12	24	Chemische Erzeugnisse								24 234				
13	45	Bauleistungen									82 506			
14	29	Maschinen										44 539		
15	15	Nahrungsmittel, Getränke											23 901	
16	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile												37 142
17	G	Sektorale gesamte direkte und indirekte Auswirkung	368	394	3 394	19 083	7 430	14 184	11 650	45 159	158 722	84 905	70 196	103 167

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 in Preisen von 1995 (DESTATIS)

Die Produktion für die letzte Verwendung der 12 ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands induzierte im Jahre 2000 lediglich 29% der entsprechenden gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung.

Die Endnachfrageproduktion des Bausektors weist dabei den höchsten sektoralen direkten und indirekten BIP-Beitrag (9%) auf. Letzterer erfolgte überwiegend durch den direkten Einsatz von eigenen Vorleistungen<sup>42</sup> sowie mittels des Einsatzes von Vorleistungen aus den marktwirtschaftlichen Dienstleistungssektoren<sup>43</sup> und aus dem Sektor "Glas, Keramik und Zement" (Tab. 2). Die induzierte Bruttowertschöpfung, die mit dem Einsatz von Vorleistungen aus den marktwirtschaftlichen Dienstleistungen wie aus der Wohnungswirtschaft verbunden ist, betrug 43,3 Mrd. Euro, immerhin 2,4% der ge-

<sup>42</sup> Die eigenen Vorleistungen im Falle der Bauindustrie betreffen unter anderen die vorbereitenden Baustellenarbeiten wie Abbruch- und Erdbewegungsarbeiten, Aufschließung von Lagerstätten, Test- und Suchbohrungen etc.

<sup>43</sup> Hierbei hebt sich der induzierte Beitrag zum BIP mittels des Einsatzes von Vorleistungen aus dem Sektor "Dienstleistungen des Grundstücks- u. Wohnungswesens" hervor. Die induzierte Bruttowertschöpfung durch den direkten und indirekten Einsatz von Vorleistungen aus diesem letzteren Sektor sowie aus dem Hybrid-Sektor "Restliche marktwirtschaftliche Aktivitäten" wird in der Tab. 2 nicht dargestellt. Das liegt daran, dass diese Vorleistungen mit einem Ressourcenaufwand verbunden sind, der mengenmäßig nicht relevant ist.

samtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung (in Preisen von 1995). Da mit diesen Vorleistungen keine besonders relevanten direkten und indirekten Ressourcenaufwendungen verbunden sind, ist dies ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Vorleistungsstruktur der Bauwirtschaft bereits dematerialisierte Elemente aufweist.

Unter den 12 ressourcenintensivsten Sektoren leisteten weitere mengenmäßig relevante direkte und indirekte sektorale BIP-Beiträge<sup>44</sup> die Automobilindustrie (6%), die Maschinenbauindustrie (ca. 5%) und die Nahrungsmittelindustrie (4%). In all diesen Fällen spielt - zusätzlich zur direkt induzierten Bruttowertschöpfung durch die eigene Produktion für die Endnachfrage<sup>45</sup> - die direkt und indirekt induzierte Bruttowertschöpfung durch den Vorprodukteinsatz aus den marktwirtschaftlichen Dienstleistungssektoren eine wichtige Rolle. Im konkreten Fall der Automobilindustrie induzierte der Einsatz von Vorleistungen (gemessen in monetären Einheiten) aus den marktwirtschaftlichen Dienstleistungssektoren eine direkte und indirekte Bruttowertschöpfung von 27,8 Mrd. Euro, im Falle der Maschinenbauindustrie 19,9 Mrd. Euro und im Falle des Nahrungsmittelgewerbes 20,5 Mrd. Euro.

Die niedrigsten direkten und indirekten Beiträge zum Bruttoinlandsprodukt unter den 12 ressourcenintensivsten Sektoren weisen der Kohlebergbau und die Stein- und Erdenindustrie auf, die beiden wirtschaftlichen Aktivitäten mit der höchsten direkten Ressourcennutzung.

### 3.3 Ausgangslage – Erwerbstätigkeit

In Bezug auf die Auswirkung der Endnachfrageproduktion auf die Beschäftigung lässt sich die Ausgangslage "Jahr 2000" durch die in der Erwerbstätigkeit-Matrix (ERW-Matrix) enthaltenen Angaben charakterisieren<sup>46</sup>. Ausgewählte Eintragungen aus der ERW-Matrix werden in der Tab. 3 zusammengestellt.

Die Eintragungen in der Tab. 3 betreffen die produktgruppenspezifisch direkt und indirekt induzierten Beschäftigungseffekte, die unmittelbar mit den in Tab. 1 enthaltenen Angaben über den direkten und indirekt induzierten Ressourcenaufwand zusammenhängen<sup>47</sup>.

<sup>44</sup> Wie bereits erläutert können die Einträge in der letzten Zeile von Tab. 2, also die durch die inländische sektorale Produktion für die Endnachfrage insgesamt induzierte direkte und indirekte Bruttowertschöpfung, als sektoraler Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt interpretiert werden. Daher die Bezeichnung von BIP-Beitrag.

<sup>45</sup> Zusätzlich zur erzeugten Menge Endprodukte umfasst die direkte eigene Produktion für die Endnachfrage die Erzeugung von Vorprodukten für den Eigenverbrauch. Im Falle der Automobilindustrie dienen hier als Beispiel die in den Werken selbst hergestellten Motoren. Als Beispiel für die Nahrungsmittelindustrie dienen die selbst erzeugten Zucker oder Öl, die bei der Zubereitung von Nahrungsmitteln eingesetzt werden.

<sup>46</sup> Die einzelnen Spalten der hierfür berechneten aber nicht vollständig dargestellten ERW-Matrix zeigen für das Jahr 2000 an, wie viel jedes einzelne Subsystem (bzw. Sektorbündel) für die Produktion der jeweils nachgefragten Menge des Endnachfragegutes vom Sektor  $s_j$  (Spalte  $j$ ) direkt und indirekt, also insgesamt, an Arbeitskräfteeinsatz benötigte, aufgeschlüsselt nach den Arbeitskräfteerfordernissen in den einzelnen Sektoren. Die Spaltensumme ergibt die gesamte direkt und indirekt induzierte Beschäftigung durch die Endnachfrageproduktion vom Sektor  $j$ .

<sup>47</sup> Hinsichtlich der Belegung der einzelnen Positionen in Tab. 3 gilt hier analog die gleiche Erklärung wie für Tab. 1 und Tab. 2. Dies bedeutet, dass die nicht besetzten Positionen in Tab. 3 keine fehlende Eintragung in der ursprünglichen ERW-Matrix ausdrücken (siehe hierzu auch Fußnote 41). In der ERW-Matrix sind diese Positionen doch belegt. Aus



Tab. 3: Durch die sektorale Endnachfrageproduktion induzierte Erwerbstätigkeit - Deutschland 2000 - Darstellung ausgewählter direkter und indirekter ERW-Auswirkungen für ausgewählte Produktionssektoren (1.000 Personen)

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sec.:	induziert durch die Endnachfrageproduktion vom Sektor: Erfordernis beim Sektor:	10 Kohle (A)	14 Steine und Erden (B)	23 Kokerei, Mineralöl (C)	40 Energie (D)	26 Glas, Keramik (E)	27 Metalle (F)	1 Land-wirt-schaft (G)	24 Chemie (H)	45 Bau (I)	29 Maschi-nen (J)	15 Nah-rungs-mittel (K)	34 Kraft-wagen (L)
1	10	Kohle und Torf	7		3	17	2	5	1	6	6	3	4	6
2	14	Steine und Erden		3			2	4	0	1	11	1	2	3
3	02	Erz. Der Forstwirtschaft									5			
4	11	Erdöl, Erdgas			1	0		0		0	0	0	0	0
5	23	Kokerei-, Mineralölerzeugnisse			11					1	1			
6	40	Energie (Elektro, Gas)				82								
7	26	Glas, Keramik, Zement					73				131			
8	27	Metalle und Halbzeug daraus						124		4	15	29	2	56
9	21	Papier, Karton, Pappe											10	
10	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft							282				467	
11	20	Holz, Holzwaren									57			
12	24	Chemische Erzeugnisse								254				
13	45	Bauleistungen									2 275			
14	29	Maschinen										930		
15	15	Nahrungsmittel, Getränke											777	
16	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile												715
17	G	Sektorale gesamte direkte und indirekte Auswirkung	11	6	33	198	133	258	376	657	3 550	1 683	1 895	1 949

Quelle: Acosta 2007 – Eigenen Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 und der Erwerbstätigkeitstatistik für das Jahr 2000 (beides DESTATIS)

Aus Tabelle 3 stellt sich Folgendes heraus:

Die Endnachfrageproduktion der 12 ressourcenintensivsten Sektoren in Deutschland hat im Jahre 2000 insgesamt 28% des wirtschaftlichen Arbeitskräfteeinsatzes induziert. Dabei ist der größte direkte und indirekte Beschäftigungseffekt der Errichtung von Hoch- und Tiefbauten (Bauinvestitionen) zuzuschreiben (9%). Die Bauinvestitionen induzierten überwiegend den direkten und indirekten Arbeitskräfteeinsatz beim Bausektor selbst. Dabei ist auch die induzierte Beschäftigung bei den "Marktwirtschaftlichen Dienstleistungssektoren"<sup>48</sup> sowie beim Sektor "Glas/Keramik/Zement" von Bedeutung.

der ursprünglichen ERW-Matrix wurden bewusst ausschließlich die in Tab. 3 dargestellten Eintragungen entnommen, damit die Beschäftigung und der Ressourcenaufwand, die mit dem Einsatz der ressourcenintensivsten Vorleistungen in den 12 ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands assoziiert sind, unmittelbar verbunden werden können. Aus diesem Grund bleibt auch die Auflistung der vorleistungsliefernden Sektoren unverändert. Somit werden zunächst andere mengenmäßig relevantere Erwerbstätigkeitseffekte der inländischen Endnachfrageproduktion der 12 ressourcenintensiven Sektoren ausgeblendet, wie die Auswirkung auf die Beschäftigung in den Dienstleistungssektoren.

<sup>48</sup> Siehe hierzu Fußnote 47.

Die bei den marktwirtschaftlichen Dienstleistungen direkt und indirekt induzierte Beschäftigung liegt in der Größenordnung von 565.000 Personen.

Die Endnachfrageproduktion der Nahrungsmittel-, Automobil- und der Maschinenbauindustrie induzierte direkt und indirekt jeweils 5%, 4,9% und 4,3% der gesamten Beschäftigung im Jahre 2000. Hierbei hebt sich der direkte und indirekte Effekt der Endnachfrageproduktion der Nahrungsmittelindustrie auf die Erwerbstätigkeit im Sektor "Landwirtschaft" hervor.

Von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren tragen die Produktionsbereiche "Kohle und Torf", "Steine und Erden" und "Kokerei- und Mineralölerzeugnisse" durch ihre Endnachfrageproduktion im Jahr 2000 jeweils lediglich mit Anteilen unter 0,1% zur Gesamtbeschäftigung bei.

Für andere Sektoren, die auch durch einen hohen direkten Ressourcenaufwand charakterisiert sind, wie "Forstwirtschaft" und "Erdöl/Erdgas", lassen sich induzierte Beschäftigungseffekte feststellen, deren Anteile am gesamtwirtschaftlichen Erwerbstätigkeit ebenfalls unter 0,1% liegen.

### 3.4 Ausgangslage – Treibhausgase

In Tab. 4 werden ausgewählte Eintragungen aus der THG-Matrix<sup>49</sup> dargestellt. Diese ausgewählten Eintragungen betreffen die Treibhausemissionen, die mit den direkt und indirekt eingesetzten ressourcenintensivsten Vorleistungen bei den 12 ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands verbunden sind.

Unter der Rubrik "Sektorale gesamte direkte und indirekte Auswirkung" sind in der letzten Zeile von Tab. 4 die gesamten Treibhausemissionen abgebildet, die die sektorale Endnachfrageproduktion jeder dieser 12 Sektoren verursacht.

Die Angaben in Tab. 4 korrespondieren<sup>50</sup> wieder zu denen der Tab. 1.

<sup>49</sup> Die Treibhausgasmenge, die im Jahr 2000 von der Endnachfrageproduktion jedes einzelnen der hier berücksichtigten 30 (Hybrid-) Sektoren direkt und indirekt induziert wurde, ist in der für diese Untersuchung berechneten Treibhausgase-Matrix (THG-Matrix) enthalten. Jede Eintragung  $thg_{ij}$  in der THG-Matrix 2000 gibt die vom Sektor  $S_i$  (Zeile  $i$ ) emittierte Treibhausgasmenge an, die direkt und indirekt durch die Endnachfrageproduktion von Sektor  $S_j$  (Spalte  $j$ ) verursacht wurde. Die gesamten Treibhausgase, die durch die Produktion für die letzte Verwendung des Sektors  $S_j$  ausgelöst wurden, werden dabei durch die entsprechende Spaltensumme wiedergegeben.

<sup>50</sup> Für Tab. 4 gilt analog die gleiche Erläuterung wie für die Tab. 1 bis Tab. 3, einerseits hinsichtlich der belegten Positionen in Tab. 4, und andererseits in Bezug auf die mengenmäßig relevanteren nicht dargestellten induzierten THG-Emissionen, die jedoch in der THG-Matrix ausgewiesen sind. Ebenso wie im Falle der Bruttowertschöpfung und der Beschäftigung wurden aus der THG-Matrix in der Tab. 4 ausschließlich die direkten und indirekten Treibhausemissionen übertragen, die unmittelbar mit den Vorleistungen zusammenhängen, deren Einsatz in den 12 ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands einen Ressourcenaufwand größer als 5 Mill. t verursacht. Siehe hierzu auch Fußnoten 41 und 47.

Tab. 4: Durch die sektorale Endnachfrageproduktion induzierte Treibhausemissionen - Deutschland 2000  
- Darstellung ausgewählter direkter und indirekter THG-Auswirkungen für ausgewählte Produktionssektoren (1.000 Tonnen)

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sec.:	induziert durch die Endnachfrageproduktion vom Sektor: emittiert durch den Sektor:	10 Kohle (A)	14 Steine und Erden (B)	23 Kokerei, Mineralöl (C)	40 Energie (D)	26 Glas, Keramik (E)	27 Metalle (F)	1 Land-wirt-schaft (G)	24 Chemie (H)	45 Bau (I)	29 Maschi-nen (J)	15 Nah-rungs-mittel (K)	34 Kraft-wagen (L)
1	10	Kohle und Torf	987		509	2 523	310	671	113	810	940	445	591	830
2	14	Steine und Erden		703			561	992	119	193	2 984	328	442	670
3	02	Erz. Der Forstwirtschaft									97			
4	11	Erdöl, Erdgas			510	104		101		167	134	87	111	162
5	23	Kokerei-, Mineralölzeugnis-se			11 321					1 412	1 312			
6	40	Energie (Elektro, Gas)				137 555								
7	26	Glas, Keramik, Zement					8 986				16 023			
8	27	Metalle und Halbzeug daraus						24 755		792	2 971	5 716	475	11 113
9	21	Papier, Karton, Pappe											424	
10	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft							22 638				37 497	
11	20	Holz, Holzwaren									382			
12	24	Chemische Erzeugnisse								16 025				
13	45	Bauleistungen									8 259			
14	29	Maschinen										2 933		
15	15	Nahrungsmittel, Getränke											9 980	
16	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile												5 155
17	G	Sektorale gesamte direkte und indirekte Auswirkung	1 241	857	13 019	141 374	12 908	36 302	26 102	34 866	53 990	29 465	70 857	52 583

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, THG-Emission in Jahr 2000 (beides DESTATIS).

Die 12 ressourcenintensivsten Sektoren emittierten insgesamt direkt und indirekt zwei Drittel (62%) der produktionsbezogenen gesamtwirtschaftlichen THG-Emissionen.

Dabei fällt die durch die Stromerzeugung für die Privaten Haushalte im Sektor "Energie" verursachte THG-Emission mit einem Anteil von 18% ins Gewicht.

Die Herstellung von Nahrungsmitteln für den Konsum und den Export induzierte direkt und indirekt 9% der gesamten THG-Emission Deutschlands. Die induzierten THG-Emissionen durch die Endnachfrageproduktion der Nahrungsmittelindustrie lässt sich in absoluten Größen auf ca. 71 Mill. t beziffern (Tab. 4). Davon lassen sich 37 Mill. t auf den Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Landwirtschaft", 10 Mill. t auf den Einsatz von Vorleistungen aus eigener Produktion und 15 Mill. t auf den Einsatz von Vorprodukten aus dem Sektor "Energie" (Strom, Gas) zurückführen.

Die Errichtung von Bauten durch den Sektor "Bauleistungen" veranlasste andererseits direkt und indirekt 7% der durch die Produktionsaktivitäten insgesamt emittierten Treibhausgase. Dabei hebt sich die direkte und indirekte THG-Auswirkung des Einsatz

zes von Vorprodukten aus dem Sektor "Glas/Keramik/Zement" (16 Mill. t THG), aus der Energiewirtschaft (13 Mill. t) und aus der eigenen Produktion (8,3 Mill. t) ab.

Die induzierte Treibhausgasmenge durch die Produktion der Automobilindustrie (56 Mill. t, d.h. 7% von produktionsbezogenen gesamtwirtschaftlichen THG), - überwiegend wegen der Produktion für den Export - lässt sich in erster Linie auf den direkten und indirekten Strombedarf (22 Mill. t) zurückführen (Fußnote 50). Von Relevanz ist hierbei auch die induzierte THG-Menge, die aufgrund des direkten und indirekten Einsatzes von Vorprodukten aus der Produktgruppe "Metalle" (11 Mill. t) und durch den Eigenverbrauch (5 Mill. t) ausgelöst wird.

Der Erzeugung von Metallen für den Export ist demgegenüber 6% der durch die gesamtwirtschaftliche Endnachfrageproduktion ausgelösten THG-Emission zuzuschreiben. Diese direkte und indirekte Induktion erfolgte überwiegend über den Einsatz von eigenen Vorleistungen<sup>51</sup> (25 Mill. t). Die direkt und indirekt verursachte THG-Emission durch den Strombedarf lässt sich mit 7 Mill. t abschätzen.

In Tab. 4 werden die direkt und indirekt induzierten Treibhausemissionen durch den Einsatz von Vorleistungen aus der Energiewirtschaft nicht explizit gezeigt.

Explizit sind in Tab. 4 nur die THG-Emissionen gezeigt, die mit dem Eigenverbrauch des Sektors "Energie" selbst verbunden sind (137,5 Mill. t). Die Treibhausemissionen, die durch den direkten und indirekten Stromverbrauch jedes Sektors aufgrund ihrer Endnachfrageproduktion induziert werden, sind in der letzten Zeile der Tab. 4 jedoch enthalten. Also werden sie nur implizit berücksichtigt.

Die nicht explizite Darstellung in Tab. 4 der induzierten THG-Emissionen durch den direkten und indirekten sektoralen Stromverbrauch lässt sich dadurch begründen, dass die Vorleistungsproduktion der Energiewirtschaft hauptsächlich auf der Basis bezogener Vorleistungen aus anderen Sektoren erzeugt wird. Dies betrifft überwiegend die bezogene Kohle.

Die betriebene Ressourcenentnahme durch den Sektor "Energie" findet über seine Importe statt (42 Mill. t). Ein großer Teil dieser Importe dient hauptsächlich dem Eigenverbrauch (17 Mill. t). Die Vorleistungslieferung des Sektors "Energie" an die anderen Sektoren ist zudem mit einem Ressourcenaufwand unter 5 Mill. t verbunden. Deshalb kommen sie in Tab. 1 nicht vor.

Demzufolge werden in Tab. 4 die damit verbundenen THG auch nicht dargestellt. D.h. die Vorleistungen aus dem Sektor "Energie" sind in erster Linie treibhausintensiv und nicht ressourcenintensiv.

---

<sup>51</sup> Der Einsatz von eigenen Vorleistungen im Sektor "Metalle" umfasst unter anderen die erzeugten Zwischenprodukte wie Metallkonzentrate, die in den weiteren Produktionsstufen durch Zusatz anderer Werkstoffe zu den Endprodukten verarbeitet werden. Im Falle der Stahlproduktion und der Gießereien handelt es sich beispielsweise um Roheisen und weitere Legierungszusätze.

### 3.5 Zusammenhang zwischen den direkten und indirekten umweltökonomischen Auswirkungen des sektoralen Vorleistungsbedarfs

Der Ressourcenaufwand, die Bruttowertschöpfung, Erwerbstätigkeit und Treibhausgasemission, die durch den direkten oder indirekten Einsatz einer Vorleistungseinheit (hier gemessen in Euro) induziert werden, also die TMR-, BWS-, ERW-, und THG-Intensität einer Gütergruppe bzw. eines Sektors, können untereinander ins Verhältnis gebracht und auf eine dieser Größen normiert werden<sup>52</sup>. Die Ergebnisse der Normierung auf den TMR für die 12 ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands für das Jahr 2000 werden in Tab. 5 präsentiert<sup>53</sup>.

Tab. 5: Zusammenhang zwischen der durch den Vorleistungseinsatz direkt induzierten BWS, ERW, THG und TMR - Deutschland 2000 - Darstellung für Vorleistungen aus ausgewählten Sektoren

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sec.		Direkt induzierte Bruttowertschöpfung pro Ressourcenaufwand in Euro je Tonne (A)	Direkt induzierte Erwerbstätigkeit pro Ressourcenaufwand in Pers. je Million Tonnen (B)	Direkt induzierte Treibhausmission pro Ressourcenaufwand in Kilogramm je Tonne (C)
1	29	Maschinen	4 889	102 102	322
2	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile	3 326	64 059	462
3	24	Chemische Erzeugnisse	1 979	20 758	1 309
4	40	Energie (Elektro, Gas) u. DL d. Energieversorgung	817	4 897	8 184
5	26	Glas, Keramik, bearbeitete Steine u. Erden	793	14 182	1 737
6	15	Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke	471	15 317	197
7	45	Bauleistungen	358	9 867	36
8	23	Kokereierz., Mineralölerz., Spalt- u. Brutstoffe	50	238	254
9	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd	48	1 958	157
10	27	Metalle u. Halbzeug daraus	25	463	92
11	14	Steine u. Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	2	26	7
12	10	Kohle, Torf	1	42	6

Quelle: Acosta 2007 – Eigenen Berechnung auf der Grundlage der PIOT 19915, MIOT 2000, Erwerbstätigkeit 2000, THG-Emission 2000 (VGR und UGR DESTATIS) und MFA 2000 (WI – H. Schütz)

<sup>52</sup> Der für diese Untersuchung verwendete Ansatz beruht auf einer proportionalen Verknüpfung von Vorleistungen und Outputs. Dementsprechend lässt sich der gesamte betriebene Ressourcenaufwand, die erbrachte Bruttowertschöpfung, die Arbeitskraftefordernisse und die Treibhausmissionen, mit denen die gesamte Produktion eines Sektors verbunden ist, auf jede einzelne produzierte Einheit verteilen. Somit wird mit jeder Einheit einer Gütergruppe, die als Vorleistung für die Produktion eines anderen Gutes direkt oder indirekt eingesetzt wird, unmittelbar ein ganz bestimmter Ressourcenaufwand sowie eine ganz bestimmte Bruttowertschöpfung, Arbeitskraftefordernis und Treibhausmission induziert.

<sup>53</sup> Die in Tab. 5 enthaltenen Kennziffern lassen sich auch ermitteln, indem die Eintragungen der Tab. 2, Tab. 3, und Tab. 4 durch die entsprechenden Eintragungen in Tab. 1 dividiert werden, mit Ausnahme der Eintragungen der letzten Zeile. Vorleistungsspezifisch bzw. zeilenweise betrachtet ergeben sich identische Werte. Diese Werte entsprechen jeweils den in Tab. 5 dargestellten Kennziffern nach Gütergruppen bzw. Sektoren. Das zeigt eindeutig die Bedeutung, die die eingesetzten Mengen der verschiedenen Vorleistungen für die gesamte Auswirkung haben.

Danach ist der Einsatz von Vorleistungen aus der Produktgruppe "Maschinen" mit der höchsten direkte Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungsintensität je Tonne Ressourcenaufwand verbunden<sup>54</sup> (Tab. 5).

Die höchste direkt induzierte Treibhausemission je Tonne TMR lässt sich für die Vorleistungen aus dem Sektor "Energie" feststellen (8.184 kg/t)<sup>55</sup>.

Die niedrigste Bruttowertschöpfung, Erwerbstätigkeit und Treibhausemission je Tonne TMR wird durch den Einsatz von Vorleistungen aus den Sektoren "Kohle und Torf" und "Steine und Erden" induziert.

Die Normierung auf den direkten und indirekten TMR der direkten und indirekten Bruttowertschöpfung, Erwerbstätigkeit und Treibhausemissionen, die durch den gesamten Vorleistungseinsatz aufgrund der sektoralen Endnachfrageproduktion induziert wurden, wird für die 12 ressourcenintensivsten Sektoren in Tab. 6 dargestellt.

Rechentechnisch handelt es sich dabei um das Verhältnis der sektoralen Eintragungen in der letzten Zeile der Tab. 2, Tab. 3 und Tab. 4 zu den entsprechenden Eintragungen in der Tab. 1. Die Kennziffern beziehen sich auf das Jahr 2000.

Danach wird durch die Endnachfrageproduktion der Maschinenbauindustrie die höchste direkte und indirekte Bruttowertschöpfung und Erwerbstätigkeit je direkte und indirekte eingesetzte Tonne TMR induziert.

---

<sup>54</sup> Dies bedeutet: die Einsatzmenge von Vorleistungen aus dem Sektor "Maschinen", die mit einer Tonne Ressourcenenentnahme assoziiert ist, induziert die Erbringung von 4 888 Euro. Analog würde es im Falle der Beschäftigung heißen: Der Einsatz von Vorleistungen der Gruppe "Maschinen", der mit einer Million Tonne Ressourcenenentnahme verbunden ist, induziert die Beschäftigung von 102.102 Personen.

<sup>55</sup> Diese hohe induzierte Treibhausgasemission je Tonne TMR, die mit dem Einsatz von Vorleistungen aus dem Sektor "Energie" verbunden ist, wird dadurch bestimmt, dass der im Ausland betriebene "Ressourcenaufwand", der mit den Importen des Sektors "Energie" assoziiert ist, ausschließlich aus 42 Mill. t fossilen Energieträgern besteht (0,8% des produktionsbezogenen gesamtwirtschaftlichen TMR im Jahr 2000). Demgegenüber lassen sich seine direkten Treibhausemissionen auf 344 Mill. t beziffern (45 % der produktionsbezogenen gesamtwirtschaftlichen THG im Jahr 2000).

Tab. 6: Zusammenhang zwischen den durch die sektorale Endnachfrageproduktion direkt und indirekt induzierten BWS, ERW, THG und TMR - Deutschland 2000 - Darstellung für ausgewählte Sektoren

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sec.		Direktinduzierte Bruttowertschöpfung pro Ressourcenaufwand in Euro je Tonne (A)	Direktinduzierte Erwerbstätigkeit pro Ressourcenaufwand in Pers. je Million Tonnen (B)	Direktinduzierte Treibhausemission pro Ressourcenaufwand in Kilogramm je Tonne (C)
1	29	Maschinen	403	7 981	140
2	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile	258	4 867	131
3	24	Chemische Erzeugnisse	215	3 126	166
4	45	Bauleistungen	176	3 935	60
5	15	Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke	147	3 959	148
6	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd	63	2 040	142
7	26	Glas, Keramik, bearbeitete Steine u. Erden	53	951	92
8	40	Energie (Elektro-, Gas) u. DL d. Energieversorgung	43	451	322
9	27	Metalle u. Halbzeug daraus	27	483	68
10	23	Kokereierz., Mineralölerz., Spalt- u. Brutstoffe	21	205	80
11	14	Steine u. Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	4	61	8
12	10	Kohle, Torf	2	66	8

Quelle: Acosta 2007 – Eigenen Berechnung auf der Grundlage der PIOT 19915, MIOT 2000, Erwerbstätigkeit 2000, THG-Emission 2000 (VGR und UGR DESTATIS) und MFA 2000 (WI – H. Schütz)

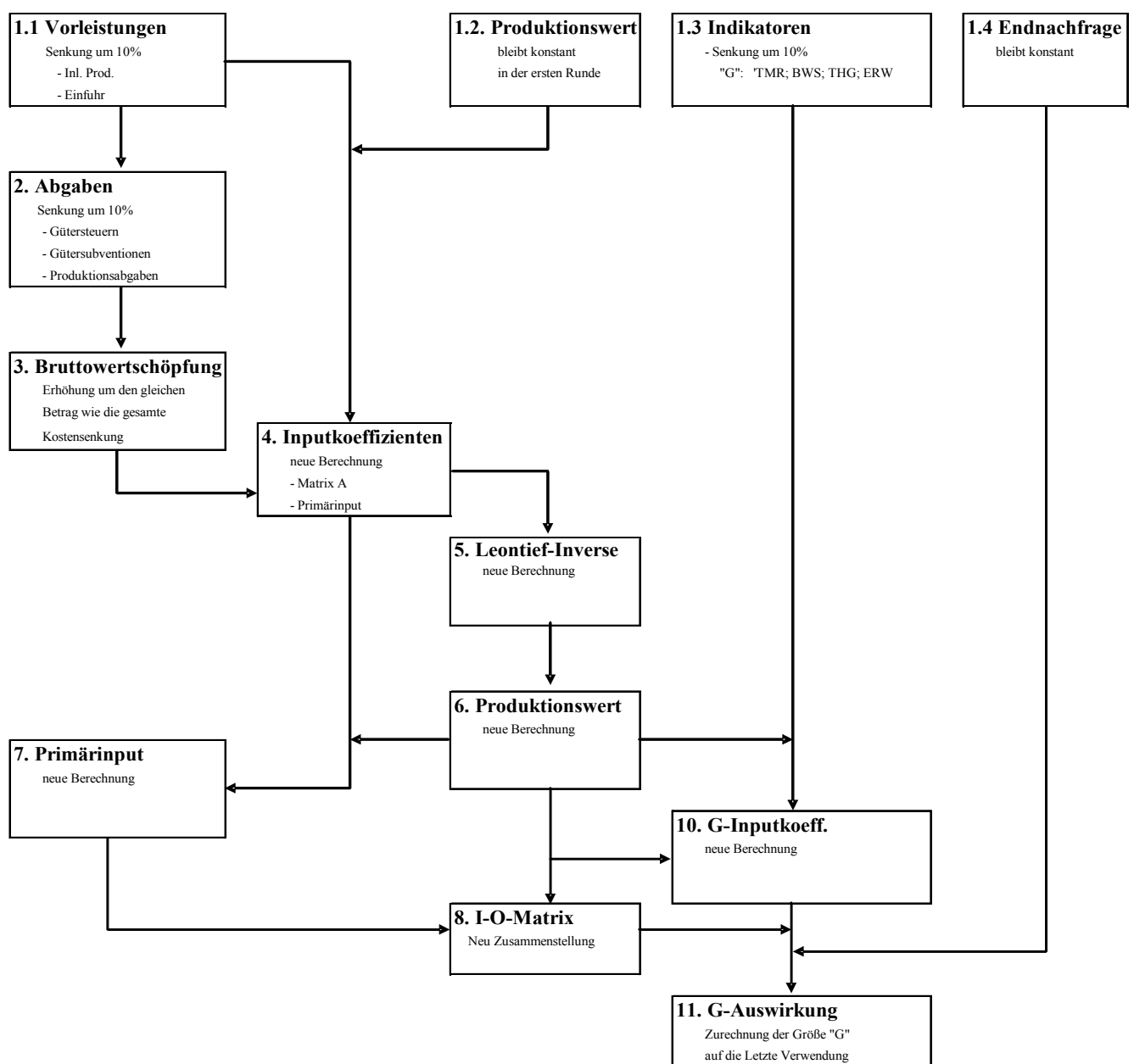
In der Reihenfolge der Ressourcenproduktivität der 12 ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands (Spalte "A" von Tab. 6) wird der Maschinenbau von der Automobilindustrie, der chemischen Industrie und dem Baugewerbe gefolgt. Hinsichtlich der direkt und indirekt induzierten Erwerbstätigkeit hebt sich in der Reihenfolge zusätzlich die Nahrungsmittelindustrie heraus. Dagegen weisen die besonders ressourcenintensiven Sektoren des Kohlebergbaus und der Steine und Erdenindustrie den geringsten Beitrag zur direkten und indirekten Induktion von Wertschöpfung und Beschäftigung auf.

Eine Senkung des Ressourcenverbrauches in den Sektoren "Maschinen", "Kraftwagen" oder "Chemie" über einen verringerten direkten und indirekten Vorleistungseinsatz z.B. von Vorprodukten aus den Sektoren "Kohle und Torf" oder "Steine und Erden" durch eine erhöhte Energie- und Materialeffizienz würde demnach dazu beitragen, eine noch höhere Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungsintensität je Tonne Ressourcenverbrauch zu erreichen.

Für jene Sektoren wäre dies in jedem Fall vorteilhaft. Welche Implikationen sich für die Gesamtwirtschaft im Hinblick auf Ressourcenverbrauch, Wertschöpfung und Beschäftigung aus einer bestimmten sektoralen Ressourceneffizienzsteigerung ergäben, wird im Folgenden näher untersucht.

## 4 Ermittlung des gesamtwirtschaftlichen Effekts einer veränderten sektoralen Vorleistungseinsatzmenge

Für die Ermittlung der theoretischen Größenordnung der Auswirkung sowohl auf den Ressourcenverbrauch als auch auf die Bruttowertschöpfung, Treibhausgase und Erwerbstätigkeit, zu der eine Reduktion der sektoralen direkten Vorleistungen um 10% bei gleich bleibender Endnachfragezusammensetzung führt, wurde die im nachstehenden Flussdiagramm dargestellte Vorgehensweise verfolgt.





Im Einzelnen werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Senkung der direkten Vorleistungen eines Sektors um 10% sind mit der Einsparung von Materialkosten gleichzusetzen.
- Um die Bilanz der monetären Inputs und Outputs zu gewährleisten, wurden die hypothetischen Kosteneinsparungen mit einer Zunahme des monetären sektoralen Primärinputs ausgeglichen. Dies entspricht einer Erhöhung der sektoralen Bruttowertschöpfung.
- Der direkte Effekt auf die hier betrachteten umweltökonomischen Indikatoren (TMR, BWS, THG, ERW) ist die Abnahme seiner entsprechenden sektoralen Ausprägung, dies aufgrund der linearen Produktionsfunktion, die dem offenen statischen IO-Modell immanent ist.
- Die veränderte Inputkoeffizientenmatrix ist die Grundlage für die Ermittlung der neuen Leontiefinverse. Letztere und die unterstellte konstant bleibende Produktionsmenge für die Endnachfrage ermöglichen die Bestimmung der neuen Produktionswerte.
- Mit Hilfe der neuen sektoralen Produktionswerte und dem veränderten Vektor der G-Koeffizienten lässt sich der neue Vektor der sektoralen Ausprägungen der Größe G ermitteln (TMR, BWS, THG, ERW).
- Die Gesamtwirtschaftliche Auswirkung ergibt sich durch die Differenz der Summe der neu sektoralen G-Ausprägungen und der Summen der sektoralen G-Ausprägungen bei der Ausgangslage (Flussdiagramm).

Diese Vorgehensweise wurde für jeden einzelnen der hier betrachteten 30 (Hybrid) Sektoren durchgeführt. Die Ergebnisse für die 12 ressourcenintensivsten Sektoren sind in der Tab. 7 bis Tab. 10 und in den Abb. 1 bis Abb. 20 zusammengefasst.

Die in der Tabelle 7 enthaltenen Angaben lassen sich wie folgt interpretieren:

In der ersten Zeile wird für die "Status Quo Situation" (Jahr 2000) der direkte und indirekte Anteil des gesamtwirtschaftlichen TMR dargestellt, den der gesamte Vorleistungsbedarf für die gesamtwirtschaftliche Endnachfrageproduktion induziert. Die "Status Quo Situation" entspricht einer unveränderten sektoralen Vorleistungseinsatzstruktur.

In den Zeilen 2 bis 13 wird die Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf den gesamtwirtschaftlichen Globalen Materialaufwand (TMR) dargestellt, wobei die gesamtwirtschaftliche Endnachfrageproduktion gleich bleibt.

In der letzten Zeile von Tab. 7 (Zeile 14) wird das Ergebnis der Hochrechnung dargestellt, bei der für alle 12 ressourcenintensiven Sektoren eine gleichzeitige Senkung des Vorleistungseinsatzes um 10% angenommen wird. Die direkte und indirekte Auswirkung auf den gesamtwirtschaftlichen TMR ist hierbei nicht Summe der getrennten sektoralen TMR-Auswirkungen, sondern das Resultat des gleichzeitigen Effekts (Fußnote 56).

Somit sind die in Abb. 17 dargestellten absoluten Differenzen zur Ausgangslage als die theoretisch gesamtwirtschaftlichen Ressourceneinspareffekte zu interpretieren, die sich aus einer (zunächst hypothetischen) sektoralen vorleistungssparenden Produktionsstruktur ergäben.

Analog sind Tab. 8 bis Tab. 10 sowie Abb. 18 bis Abb. 20 zu interpretieren.

Im Hinblick auf die theoretischen Effekte bzw. Potenziale einer gesteigerten Ressourcenproduktivität sind folgende Ergebnisse von besonderer Bedeutung:

- Würden die Vorleistungen der 12 ressourcenintensivsten Branchen gleichzeitig um jeweils 10% reduziert werden, so hätte dies zusammen genommen das Potenzial, den globalen Ressourcenaufwand der deutschen Wirtschaft um fast ein Fünftel zu vermindern (Tab. 7, Zeile 14).
- Von besonderer Relevanz sind dabei die Ressourcenentnahme und Vorleistungen aus der Kohleindustrie, Metallindustrie, Steine- und Erdenindustrie, der Energieversorgung und der Bauwirtschaft. Ihre Senkung bestimmt die Dematerialisierung der indirekten Effekte der gesamtwirtschaftlichen Endnachfrageproduktion. Dazu können insbesondere eine verminderte Nachfrage nach jenen Vorleistungen in den weiterverarbeitenden Industrien der Nahrungsmittel, Glas- und Keramik, des Fahrzeugbaus, der Chemieindustrie und des Maschinenbaus beitragen. Daher kommt der Steigerung der Material- und Energieeffizienz in allen zwölf Sektoren eine fundamentale Rolle zu. Diese Aussage gilt unabhängig vom Ausmaß der tatsächlich Wirkungen, die erreicht werden könnten, wenn realisierbare technologische Potenziale umgesetzt werden würden.
- Eine Verringerung der Vorleistungen der 12 ressourcenintensivsten Branchen um jeweils 10% hätte bei gleichbleibender Endnachfrage eine leichte positive Wirkung auf die Bruttowertschöpfung der Gesamtwirtschaft (Tab. 8). In dieser Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die erzielte Einsparung von Materialkosten mit einer Zunahme der monetären sektoralen Primärintputs ausgeglichen wird. Wenn die verminderten Vorleistungen über verringerte Kosten vollständig in eine erhöhte Wertschöpfung umgesetzt werden, bedeutet das auch bei Berücksichtigung negativer indirekter Effekte für die betreffenden Branchen eine insgesamt ökonomisch positive Entwicklung (Abb. 18).
- Eine solche Entwicklung der Bruttowertschöpfung, deren Bestandteile das Arbeitnehmerentgelt im Inland, die Abschreibungen und der Nettobetriebsüberschuss sind, bedeutet einen Surplus, der zunächst frei zu investieren steht. Hypothetisch könnte der Betrag der eingesparten Materialkosten zur Beschäftigung zusätzlicher Arbeitskräfte und somit zur Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Erwerbstätigkeit eingesetzt werden. Die Höhe der positiven Auswirkungen auf die gesamtwirtschaftliche Erwerbstätigkeit käme in diesem Fall auf die Effektivität der Beschäftigungspolitik an.

Selbst die Option der Investition dieses Überschusses in zusätzliche Arbeitsplätze im gleichen Sektor zeigt, dass der gesamtwirtschaftliche Nettobeschäftigungseffekt mit keinem hohen Verlust an Arbeitsplätzen verbunden ist (Abb. 19), wie in der Regel befürchtet wird. Die Auswirkung ist von Branche zu Branche unterschiedlich. Die Modellrechnung zeigt, dass während die zusätzliche Beschäftigung in der Landwirtschaft, Metallerzeugung und Bauwirtschaft die gesamtwirtschaftliche Erwerbstätigkeit erhöhen (Abb. 19), würden zusätzliche Arbeitsplätze in hochautomatisierten Sektoren wie Automobilbau, Chemieindustrie, Maschinenbau, Energieversorgung die negativen indirekten Effekte nicht vollständig ausgleichen können. Die gleichzeitige Betrachtung aller 12 Branchen insgesamt unter der selben Annahme würde rechnerisch zu einer geringfügigen Verminderung um ein Prozent (Tab. 9) führen.

Dies lässt sich zum einen durch die sektorale Verflechtung erklären, innerhalb derer die eingesetzten Vorleistungen produziert werden, und zum anderen durch die unmittelbare Wirkung der hier verwendete Annahme: "Senkung aller sektoralen Vorleistungen um 10%".

Die Berücksichtigung dieser beiden Szenarien-Aspekte führt bei der Modellierung für Produktionssektoren wie die Automobil- oder Maschinenbauindustrie zu einer negativen Beschäftigungsauswirkung, weil diese Sektoren Vorleistungen einsetzen, die nicht nur ressourcenintensiv, sondern auch arbeitskraftintensiv sind. Letzteres betrifft insbesondere die Vorleistungen aus den marktwirtschaftlichen Dienstleistungen. Der Verlust an Arbeitsplätzen bei den marktwirtschaftlichen Dienstleistungssektoren aufgrund einer verminderten Vorleistungsproduktion übersteigt den Gewinn an zusätzlichen Arbeitsplätzen bei Sektoren wie Automobil- oder Maschinenbau aufgrund eines verminderten Vorleistungseinsatzes, weil für die Automobilbranche, Maschinenbauindustrie oder Energiewirtschaft eine sehr hohe sektorale Arbeitsproduktivität je Erwerbstätige (BWS/ERW) charakteristisch ist.

- Die Verminderung der Vorleistungen der 12 ressourcenintensivsten Branchen um 10% könnte die Treibhausmissionen der Wirtschaft um 15% bzw. fast 100 Mio t reduzieren (Tab. 10, Abb. 20). Das verdeutlicht eindrucksvoll die potenziellen Synergien von Ressourcen- und Klimaschutz. Der prioritätsorientierten Dematerialisierung der deutschen Industrie kommt damit eine mehrfache Bedeutung zu<sup>56</sup>.

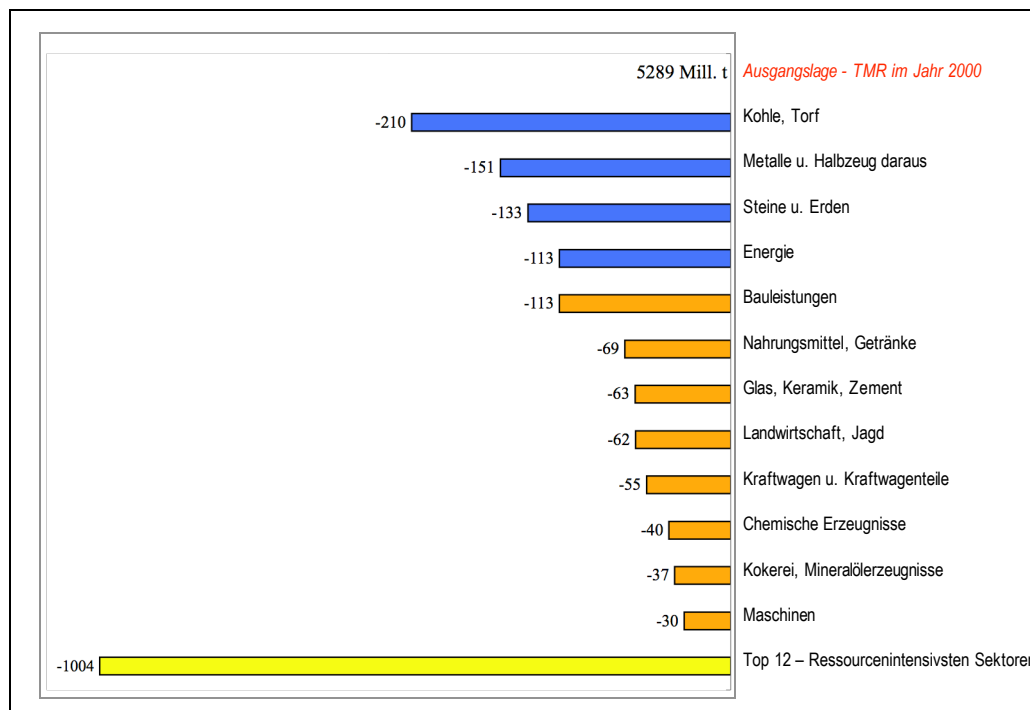
<sup>56</sup> Die Additivität der direkten und indirekten sektoralen Auswirkung in den nachstehenden Tab. 7 bis Tab. 10 ist gegeben, wenn die Auswirkung bzw. berechnete Veränderung in absoluten Größen gemessen wird. Abhängig von der Höhe der direkten und indirekten Auswirkung ergibt sich die positive bzw. negative gesamten Nettoauswirkung. Wird die Veränderung in Prozent gemessen (wie in den drei letzten Spalten der Tab. 7 bis Tab. 10), ergibt sich die gesamte Nettoauswirkung nicht aus der Summe der direkten und indirekten Effekte. Im letzteren Fall wird die Nettoauswirkung als Anteil der ursprünglichen Größe, durch welche die sektorale/gesamtwirtschaftliche Ausgangslage charakterisiert ist, betrachtet. Daher sind die Abbildungen 17 bis 20 immer im Zusammenhang mit der entsprechenden Tabelle zu betrachten.

Tab. 7: Auswirkung eines verminderten Vorleistungseinsatzes auf den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenaufwand - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren - Deutschland

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sect.		Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch					
			Auswirkung in Mill. t			Veränderung gegenüber der Ausgangslage (%)		
			direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt
1		Ausgangslage - TMR im Jahr 2000	1 054	4 235	5 289	0	0	0
2	10	Kohle, Torf	1 039	4 040	5 079	-1	-5	-4
3	27	Metalle u. Halbzeug daraus	1 033	4 105	5 137	-2	-3	-3
4	14	Steine u. Erden	1 044	4 111	5 156	-1	-3	-3
5	40	Energie u. DL d. Energieversorgung	1 053	4 124	5 176	0	-3	-2
6	45	Bauleistungen	1 032	4 144	5 176	-2	-2	-2
7	15	Nahrungsmittel, Getränke	1 050	4 169	5 219	0	-2	-1
8	26	Glas, Keramik, bearb. Steine u. Erden	1 054	4 172	5 226	0	-1	-1
9	01	Landwirtschaft, Jagd	1 041	4 186	5 226	-1	-1	-1
10	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile	1 054	4 180	5 234	0	-1	-1
11	24	Chemische Erzeugnisse	1 053	4 195	5 248	0	-1	-1
12	23	Kokereierz., Mineralöl	1 050	4 202	5 252	0	-1	-1
13	29	Maschinen	1 054	4 205	5 258	0	-1	-1
14		Top 12 (NACE: 01; 10; 14; 15; 23; 24; 26; 27; 29; 34; 40; 45)	958	3 326	4 285	-9	-21	-19

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 2000 (WI – H. Schütz)

Abb. 17: Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf den gesamtwirtschaftlichen Globalen Materialaufwand (TMR) - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren – Deutschland (Veränderung in Mill. Tonnen)



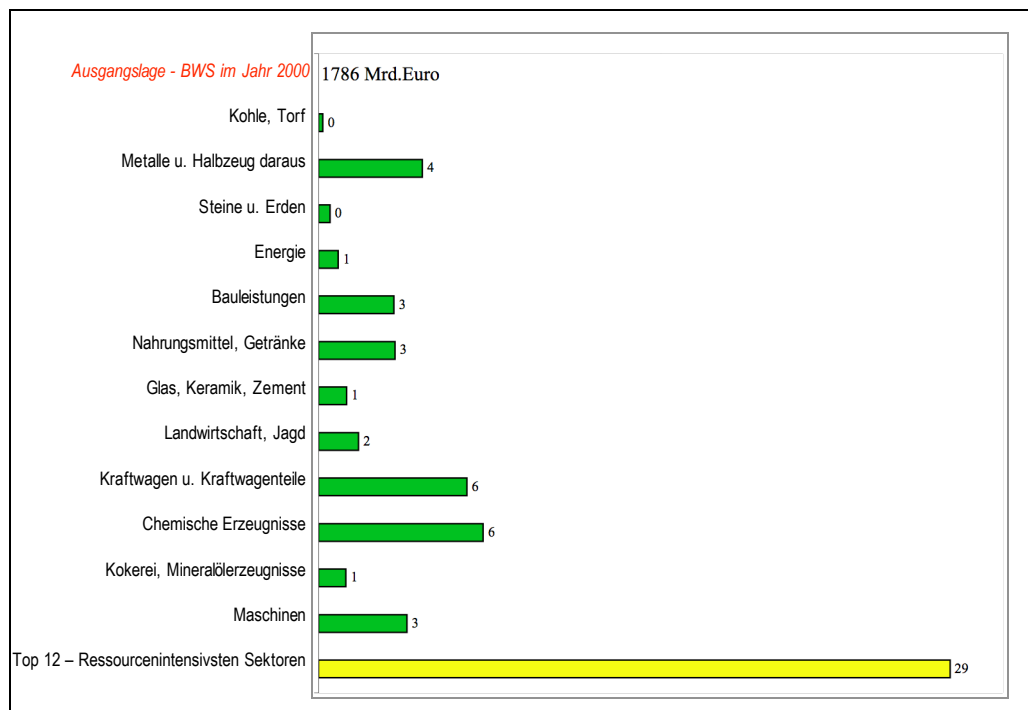
Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 2000 (WI – H. Schütz)

Tab. 8: Auswirkung eines verminderten Vorleistungseinsatzes auf die gesamtwirtschaftliche Bruttowertschöpfung - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren - Deutschland

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sect.		Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftliche Bruttowertschöpfung					
			Auswirkung in Mrd. Euro			Veränderung gegenüber der Ausgangslage (%)		
			direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt
1		Ausgangslage - BWS im Jahr 2000	1 030	756	1 786	0	0	0
2	10	Kohle, Torf	1 030	756	1 786	0	0	0
3	27	Metalle u. Halbzeug daraus	1 032	757	1 790	0	0	0
4	14	Steine u. Erden	1 030	756	1 786	0	0	0
5	40	Energie u. DL d. Energieversorgung	1 031	755	1 786	0	0	0
6	45	Bauleistungen	1 040	748	1 789	1	-1	0
7	15	Nahrungsmittel, Getränke	1 037	751	1 789	1	-1	0
8	26	Glas, Keramik, bearb. Steine u. Erden	1 031	756	1 787	0	0	0
9	01	Landwirtschaft, Jagd	1 031	756	1 787	0	0	0
10	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile	1 042	750	1 791	1	-1	0
11	24	Chemische Erzeugnisse	1 036	756	1 792	1	0	0
12	23	Kokereierz., Mineralöl	1 031	756	1 787	0	0	0
13	29	Maschinen	1 037	752	1 789	1	-1	0
14		Top 12 (NACE: 01; 10; 14; 15; 23; 24; 26; 27; 29; 34; 40; 45)	1 077	737	1 815	4	-2	2

Quelle: Acosta 2007 – Acosta 2007 – Eigenen Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 (VGR-DESTATIS)

Abb. 18: Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftliche Bruttowertschöpfung (BWS) - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren – Deutschland (Veränderung in Mrd. Euro)



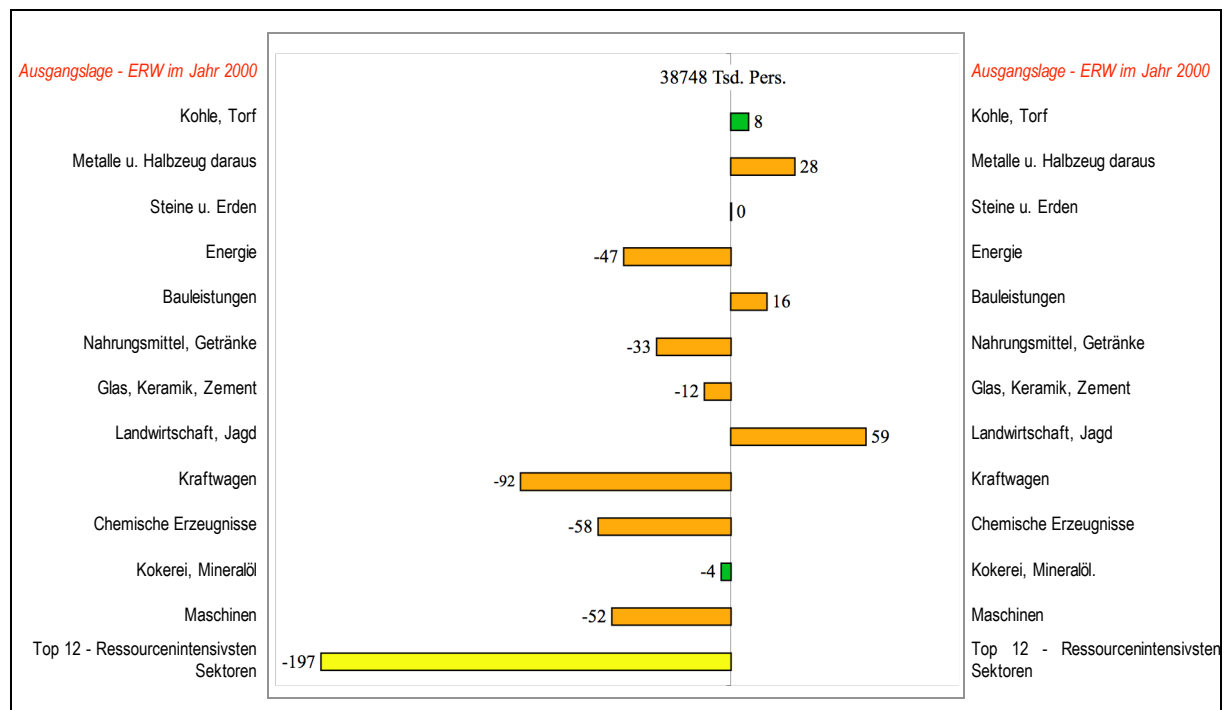
Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 (VGR - DESTATIS)

Tab. 9 Auswirkung eines verminderten Vorleistungseinsatzes auf die gesamtwirtschaftliche Erwerbstätigkeit - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren - Deutschland

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sect.		Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftliche Erwerbstätigkeit					
			Auswirkung in 1000 Personen			Veränderung gegenüber der Ausgangslage (%)		
			direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt
1		Ausgangslage - ERW im Jahr 2000	24 394	14 354	38 748	0	0	0
2	10	Kohle, Torf	24 393	14 363	38 756	0	0	0
3	27	Metalle u. Halbzeug daraus	24 417	14 359	38 776	0	0	0
4	14	Steine u. Erden	24 393	14 355	38 748	0	0	0
5	40	Energie u. DL d. Energieversorgung	24 385	14 316	38 701	0	0	0
6	45	Bauleistungen	24 605	14 159	38 764	1	-1	0
7	15	Nahrungsmittel, Getränke	24 544	14 171	38 715	1	-1	0
8	26	Glas, Keramik, bearb. Steine u. Erden	24 393	14 343	38 736	0	0	0
9	01	Landwirtschaft, Jagd	24 416	14 391	38 807	0	0	0
10	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile	24 522	14 133	38 656	1	-2	0
11	24	Chemische Erzeugnisse	24 416	14 274	38 690	0	-1	0
12	23	Kokereierz, Mineralöl	24 395	14 349	38 744	0	0	0
13	29	Maschinen	24 481	14 215	38 696	0	-1	0
14		Top 12 (NACE: 01; 10; 14; 15; 23; 24; 26; 27; 29; 34; 40; 45)	25 020	13 531	38 551	3	-6	-1

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 und Erwerbstätigkeitstistik für das Jahr 2000 (DESTATIS)

Abb. 19: Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftliche Erwerbstätigkeit (ERW) - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren – Deutschland (Veränderung in 1.000 Personen)



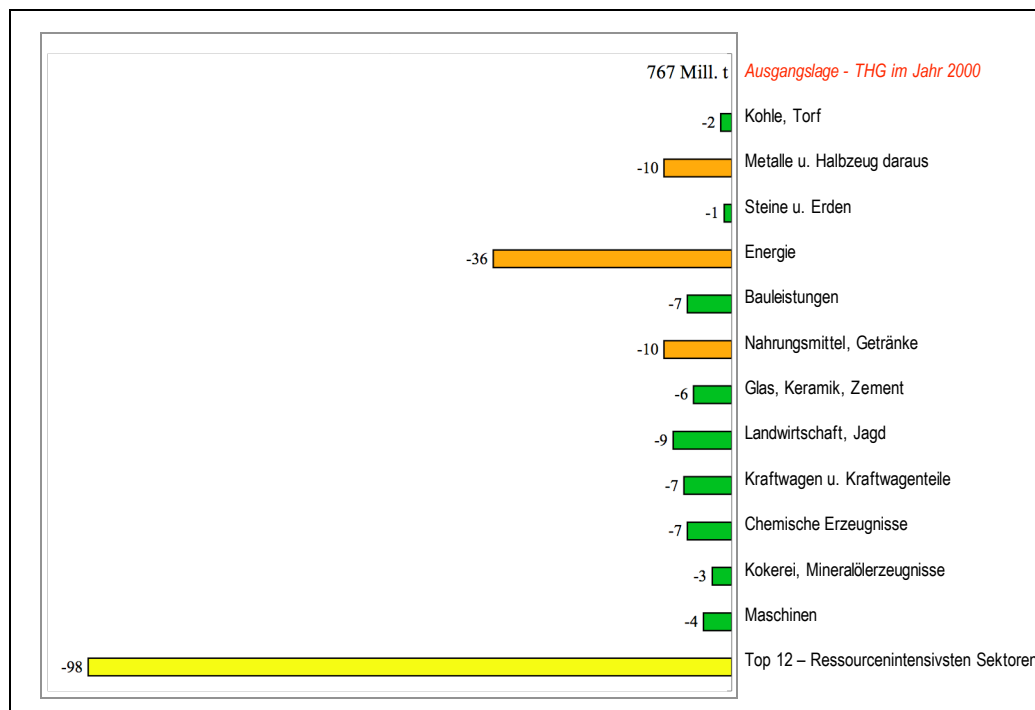
Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 und Erwerbstätigkeitstistik für das Jahr 2000 (DESTATIS)

Tab. 10: Auswirkung eines verminderten Vorleistungseinsatzes auf die gesamtwirtschaftlichen THG-Emissionen - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren - Deutschland

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sect.		Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen					
			Auswirkung in 1000 Tonnen			Veränderung gegenüber der Ausgangslage (%)		
			direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt
1		Ausgangslage – THG-Emissionen im Jahr 2000	308 826	458 052	766 878	0	0	0
2	10	Kohle, Torf	308 732	456 525	765 257	0	0	0
3	27	Metalle u. Halbzeug daraus	306 838	449 752	756 590	-1	-2	-1
4	14	Steine u. Erden	308 756	457 033	765 789	0	0	0
5	40	Energie u. DL d. Energieversorgung	295 413	435 272	730 684	-4	-5	-5
6	45	Bauleistungen	308 023	452 119	760 143	0	-1	-1
7	15	Nahrungsmittel, Getränke	307 999	448 593	756 592	0	-2	-1
8	26	Glas, Keramik, bearb. Steine u. Erden	308 015	453 093	761 107	0	-1	-1
9	01	Landwirtschaft, Jagd	306 655	451 385	758 040	-1	-1	-1
10	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile	308 453	451 174	759 626	0	-2	-1
11	24	Chemische Erzeugnisse	307 513	452 648	760 160	0	-1	-1
12	23	Kokereierz., Mineralöl	307 746	456 193	763 939	0	0	0
13	29	Maschinen	308 583	454 041	762 624	0	-1	-1
14		Top 12 (NACE: 01; 10; 14; 15; 23; 24; 26; 27; 29; 34; 40; 45)	285 647	383 398	669 045	-8	-16	-13

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, UGR 2006 (beides DESTATIS)

Abb. 20: Auswirkung einer Senkung der sektoral eingesetzten Vorleistungen um 10% auf die gesamtwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen (THG) - Darstellung für ausgewählte Produktionssektoren – Deutschland (Veränderung in Mill. Tonnen)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, UGR 2006 (beides DESTATIS)

## **5 Ermittlung des gesamtwirtschaftlichen Effekts einer Verlagerung der Endnachfrageproduktionsmenge**

In diesem Abschnitt wird untersucht, welche potenziellen Wirkungen zu erwarten sind, wenn die Endnachfrage von den Produkten der 12 ressourcenintensivsten Branchen zu den Produkten aller anderen Branchen umgeschichtet wird. Das Gesamtvolumen der Endnachfrage soll dabei unvermindert bleiben, die Umschichtung beträgt 10% der Summe des Ausgabenbündels für die ressourcenintensiven Produkte. Betrachtet werden die theoretische Auswirkung sowohl auf den Ressourcenverbrauch als auch auf die Bruttowertschöpfung, Treibhausgase und Erwerbstätigkeit.

Die Analyse beruht auf folgenden Schritten:

In einem ersten Schritt werden die Ausgaben (in Euro) für das Bündel der Endnachfrageproduktion der 12 ressourcenintensivsten Sektoren um 10% gesenkt.

In einem zweiten Schritt wird der resultierende Gesamtbetrag aus der ausfallenden Endnachfrageproduktion anteilmäßig auf die restlichen Branchen verteilt. Durch diese sektoral spezifische erhöhte Produktion bleibt das gesamtwirtschaftliche Endnachfrageproduktionsniveau unverändert.

Anschließend wird die Auswirkung auf den produktionsbezogenen gesamtwirtschaftlichen Ressourcenaufwand, Bruttowertschöpfung, Erwerbstätigkeit und Treibhausgasemissionen dieser neuen Endnachfragekomposition ermittelt.

Während die Tabellen 11 bis 14 jeweils die direkte und indirekte TMR-, BWS-, ERW-, und THG-Auswirkung der neuen sektoralen Endnachfrageproduktionsmengen in absoluten Größen enthalten, zeigen die Abb. 21 bis Abb. 24 die relative Veränderung des direkten, indirekten und gesamten Effekts bei den 12 ressourcenintensivsten Sektoren und bei den restlichen Sektoren der Wirtschaft gegenüber der Ausgangslage.

Daraus ist Folgendes zu entnehmen:

- Eine Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen führt zu einer gesamtwirtschaftlichen Senkung des globalen Ressourcenaufwandes von ca. 6% (Abb. 21).
- Ein erwünschter Effekt lässt sich ebenfalls in Bezug auf die THG-Emissionen feststellen. –Diese gehen dabei insgesamt um 4% zurück (Abb. 24). Auch bei einer potenziellen Veränderung der Konsummuster wird die Synergie zwischen Ressourcen- und Klimaschutz deutlich.
- Hinsichtlich der Bruttowertschöpfung wäre gesamtwirtschaftlich kein Rückgang zu verzeichnen. Von einer Erhöhung ist jedoch auch nicht auszugehen. Der Effekt bleibt im positiven Bereich über der Marke von Null (Abb. 22).



- In Bezug auf die Erwerbstätigkeit würde der Rückgang bei den ressourcenintensiven Branchen rechnerisch durch eine Zunahme in den anderen Sektoren kompensiert. Eine Verlagerung der Endnachfrageproduktion von den ressourcenintensiven zu den ressourcenextensiven Sektoren wäre gesamtwirtschaftlich – soweit die Anpassungen zeitlich angepasst erfolgen – mit einer geringfügigen Zunahme der Erwerbstätigkeit verbunden (Abb. 23).

Insgesamt haben diese Analysen gezeigt, dass es gesamtwirtschaftlich sinnvoll ist, zur Steigerung der Ressourcenproduktivität Maßnahmen für die 12 ressourcenintensivsten Branchen der Wirtschaft zu ergreifen und dabei deren indirekte Verflechtungen mit den anderen Branchen zu nutzen. Diese Maßnahmen können von zwei Seiten kommend ansetzen, wobei beide Maßnahmestrategien sich ergänzen:

- a) Maßnahmen zur Erhöhung der Material- und Energieeffizienz in den 12 ressourcenintensiven Sektoren zur Verminderung der Nachfrage nach ressourcenintensiven Vorleistungen;
- b) Maßnahmen zur Lenkung der Nachfrage der privaten und öffentlichen Haushalte, für Anlage- und Bauinvestitionen und für den Export, um diese schrittweise von ressourcenintensiven zu ressourcenextensiven Gütern umzuschichten.

Zudem ist die Analyse der konkreten technologischen und organisatorischen Ressourceneffizienzpotenziale für alle Sektoren sowie der ansetzenden Maßnahmen zur konkreten Erschließung dieser Potenziale von Relevanz.

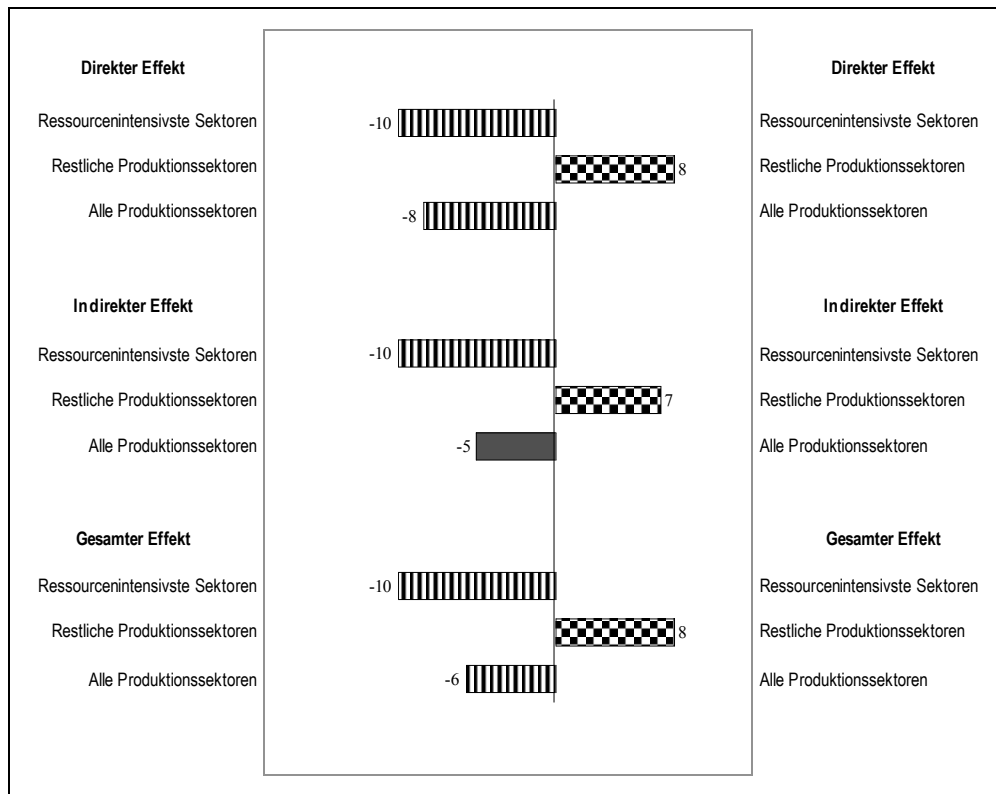
Dabei erscheint es von besonderer Bedeutung, dass eine Dematerialisierung der Wirtschaft synergetisch positive Wirkungen auf Ressourcen- und Klimaschutz hätte und sich in Bezug auf Bruttowertschöpfung und Beschäftigung – bei angemessener zeitlicher Anpassung – insgesamt neutral bis positiv auswirken würde.

Tab. 11: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf den Globalen Materialaufwand - Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen (Deutschland - Bezugsjahr 2000)

Lfd. Nr.	NACE Rev. 1 sect.		Ausgangslage 1000 Tonnen			Veränderte Endnachfrage 1000 Tonnen			Absolute Differenz 1000 Tonnen		
			direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt
1	45	Bauleistungen	223 979	678 203	902 182	201 581	610 382	811 963	-22 398	-67 820	-90 218
2	27	Metalle u Halbzeug daraus	214 855	319 485	534 339	193 369	287 536	480 905	-21 485	-31 948	-53 434
3	15	Nahrungsmittel, Getränke	41 990	436 630	478 620	37 791	392 967	430 758	-4 199	-43 663	-47 862
4	40	Energie u DL d Energieversorgung	16 390	423 277	439 667	14 751	380 950	395 700	-1 639	-42 328	-43 967
5	34	Kraftwagen u Kraftwagenteile	8 067	392 329	400 396	7 260	353 096	360 356	-807	-39 233	-40 040
6	29	Maschinen	7 535	203 323	210 858	6 782	182 990	189 772	-754	-20 332	-21 086
7	24	Chemische Erzeugnisse	10 030	200 121	210 152	9 027	180 109	189 136	-1 003	-20 012	-21 015
8	01	Landwirtschaft, Jagd	138 045	46 264	184 309	124 241	41 638	165 879	-13 805	-4 626	-18 431
9		Rest des Produzierenden Gewerbe	7 220	172 558	179 778	7 808	186 618	194 427	588	14 060	14 648
10		Rest der marktwirtschaftlichen DL	0	174 868	174 868	0	187 701	187 701	0	12 834	12 834
11	23	Kokereierz, Mineralölerz, Spalt- u Brutstoffe	42 550	120 430	162 980	38 295	108 387	146 682	-4 255	-12 043	-16 298
12	10	Kohle, Torf	150 517	10 050	160 567	135 466	9 045	144 510	-15 052	-1 005	-16 057
13	26	Glas, Keramik, bearb Steine u Erden	4 666	135 548	140 214	4 199	121 993	126 192	-467	-13 555	-14 021
14	75	DL d öffentl Verwalt, Verteidig, Sozialvers	0	121 819	121 819	0	122 864	122 864	0	1 046	1 046
15	28	Metallerzeugnisse	692	109 227	109 919	834	131 675	132 509	142	22 448	22 590
16	14	Steine u Erden	100 308	4 504	104 811	90 277	4 053	94 330	-10 031	-450	-10 481
17	85	DL des Gesundh-, Veterinär- u Sozialwesens	0	101 158	101 158	0	101 712	101 712	0	554	554
18	55	DL der Beherbergungen u Gaststätten	0	98 622	98 622	0	101 434	101 434	0	2 812	2 812
19	21	Papier, Karton, Pappe	36 523	59 392	95 915	39 303	63 913	103 216	2 780	4 521	7 302
20		Rest der nichtmarktwirtschaftlichen DL	0	92 739	92 739	0	93 791	93 791	0	1 052	1 052
21	70	DL d Grundstücks- u Wohnungswesens	0	88 339	88 339	0	91 303	91 303	0	2 964	2 964
22	52	DL des Einzelhandels, sonst Rep	0	83 349	83 349	0	85 149	85 149	0	1 800	1 800
23	31	Geräte der Elektrizitätserzeugung u -vertlg	2 606	60 509	63 115	2 837	65 868	68 705	231	5 359	5 590
24	25	Gummi- u Kunststoffwaren	5 202	30 813	36 015	5 764	34 144	39 908	562	3 331	3 893
25	35	Sonstige Fahrzeuge	1 075	30 843	31 918	1 195	34 289	35 484	120	3 446	3 566
26	02	Forstwirtschaft, Erzeug u DL	22 832	1 988	24 821	23 471	2 044	25 515	639	56	695
27	20	Holz, Holzwaren (o Möbel)	6 339	16 716	23 055	8 179	21 569	29 747	1 840	4 853	6 693
28	17	Textilien	2 069	20 875	22 944	2 339	23 602	25 941	270	2 726	2 997
29	11	Erdöl, Erdgas	10 567	124	10 691	10 564	124	10 688	-3	0	-3
30	05	Fische u Fischereierzeug	310	412	722	344	458	802	34	45	80
G		Alle Produktionssektoren	1054 365	4234 516	5 288 881	965 677	4 021 407	4 987 083	-88 689	-213 109	-301 798

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 2000 (WI – H. Schütz)

Abb. 21: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf den Globalen Materialaufwand - Deutschland – Bezugsjahr 2000 – (Veränderung in %)



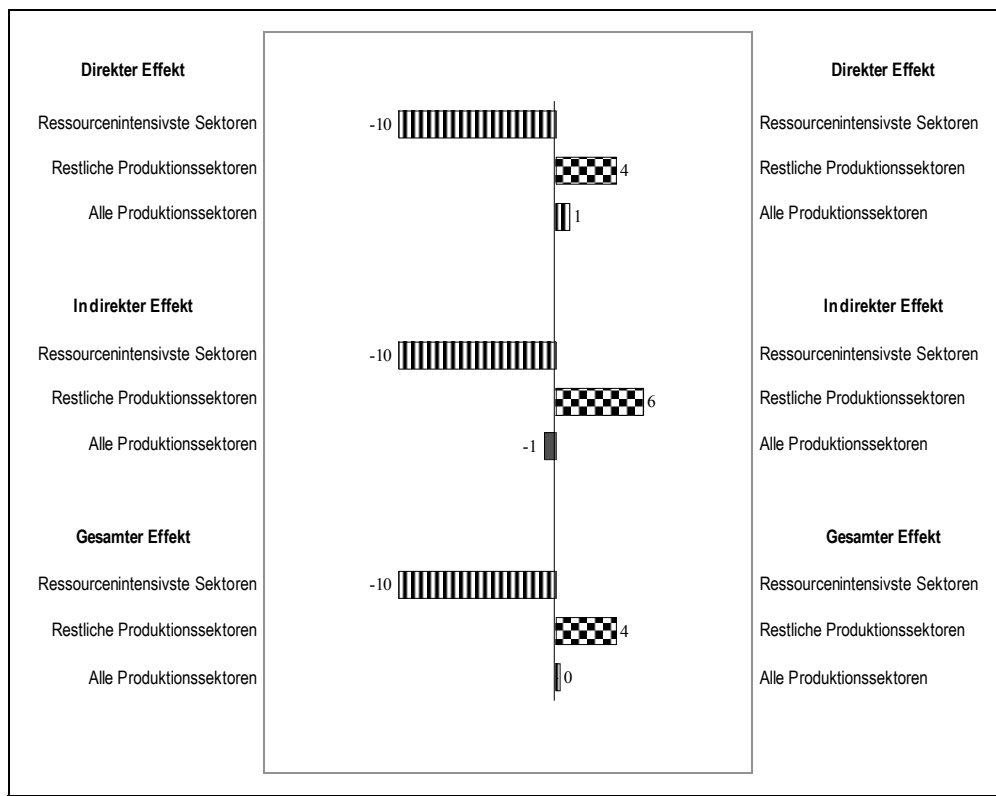
Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, PIOT 1995 (beides DESTATIS) und MFA 2000 (WI – H. Schütz)

Tab. 12: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Bruttowertschöpfung - Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen (Deutschland - Bezugsjahr 2000)

Lfd. Nr.	NACE Rev. 1 sect.		Ausgangslage Mill. Euro			Veränderte Endnachfrage Mill. Euro			Absolute Differenz Mill. Euro		
			direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt
1	45	Bauleistungen	80 128	78 594	158 722	72 115	70 734	142 850	- 8 013	- 7 859	- 15 872
2	27	Metalle u Halbzeug daraus	5 324	8 861	14 184	4 791	7 975	12 766	- 532	- 886	- 1 418
3	15	Nahrungsmittel, Getränke	19 788	50 409	70 196	17 809	45 368	63 177	- 1 979	- 5 041	- 7 020
4	40	Energie u DL d Energieversorgung	13 397	5 686	19 083	12 057	5 117	17 174	- 1 340	- 569	- 1 908
5	34	Kraftwagen u Kraftwagenteile	26 834	76 333	103 167	24 151	68 700	92 851	- 2 683	- 7 633	- 10 317
6	29	Maschinen	36 842	48 063	84 905	33 158	43 257	76 415	- 3 684	- 4 806	- 8 491
7	24	Chemische Erzeugnisse	19 850	25 309	45 159	17 865	22 778	40 643	- 1 985	- 2 531	- 4 516
8	01	Landwirtschaft, Jagd	6 615	5 035	11 650	5 954	4 531	10 485	- 662	- 503	- 1 165
9		Rest des Produzierenden Gewerbe	43 780	54 773	98 553	47 347	59 236	106 583	3 567	4 463	8 030
10		Rest der marktwirtschaftlichen DL	163 721	134 335	298 056	175 737	144 194	319 931	12 016	9 859	21 875
11	23	Kokereierz, Mineralölerz, Spalt- u Brutstoffe	2 123	1 270	3 394	1 911	1 143	3 054	- 212	- 127	- 339
12	10	Kohle, Torf	150	218	368	135	196	331	- 15	- 22	- 37
13	26	Glas, Keramik, bearb Steine u Erden	3 700	3 730	7 430	3 330	3 357	6 687	- 370	- 373	- 743
14	75	DL d öffentl Verwalt, Verteidig, Sozialvers	98 487	29 109	127 596	99 332	29 359	128 691	845	250	1 095
15	28	Metallerzeugnisse	11 620	12 125	23 745	14 008	14 617	28 625	2 388	2 492	4 880
16	14	Steine u Erden	183	210	394	165	189	354	- 18	- 21	- 39
17	85	DL des Gesundh-, Veterinär- u Sozialwesens	118 369	38 327	156 695	119 017	38 537	157 554	648	210	858
18	55	DL der Beherbergungen u Gaststätten	16 995	24 020	41 015	17 480	24 705	42 185	485	685	1 170
19	21	Papier, Karton, Pappe	3 904	4 909	8 813	4 201	5 283	9 484	297	374	671
20		Rest der nichtmarktwirtschaftlichen DL	112 728	41 238	153 966	114 006	41 706	155 712	1 279	468	1 746
21	70	DL d Grundstücks- u Wohnungswesens	148 313	36 934	185 247	153 289	38 173	191 462	4 976	1 239	6 215
22	52	DL des Einzelhandels, sonst Rep	69 710	42 240	111 950	71 215	43 152	114 368	1 506	912	2 418
23	31	Geräte der Elektrizitätserzeugung u -vertlg	9 541	13 741	23 282	10 386	14 958	25 344	845	1 217	2 062
24	25	Gummi- u Kunststoffwaren	6 787	6 897	13 684	7 520	7 642	15 163	734	746	1 479
25	35	Sonstige Fahrzeuge	6 184	7 002	13 186	6 875	7 785	14 660	691	782	1 473
26	02	Forstwirtschaft, Erzeug u DL	485	206	691	499	212	711	14	6	19
27	20	Holz, Holzwaren (o Möbel)	1 661	2 419	4 080	2 143	3 121	5 264	482	702	1 184
28	17	Textilien	2 770	3 504	6 274	3 132	3 962	7 094	362	458	819
29	11	Erdöl, Erdgas	25	56	80	25	56	80			
30	05	Fische u Fischereierzeug	70	46	116	78	51	129	8	5	13
G		Alle Produktionssektoren	1 030 081	755 599	1 785 680	1 039 729	750 094	1 789 823	9 648	- 5 505	4 143

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 (DESTATIS)

Abb. 22: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Bruttowertschöpfung - Deutschland – Bezugsjahr 2000 (Veränderung in %)



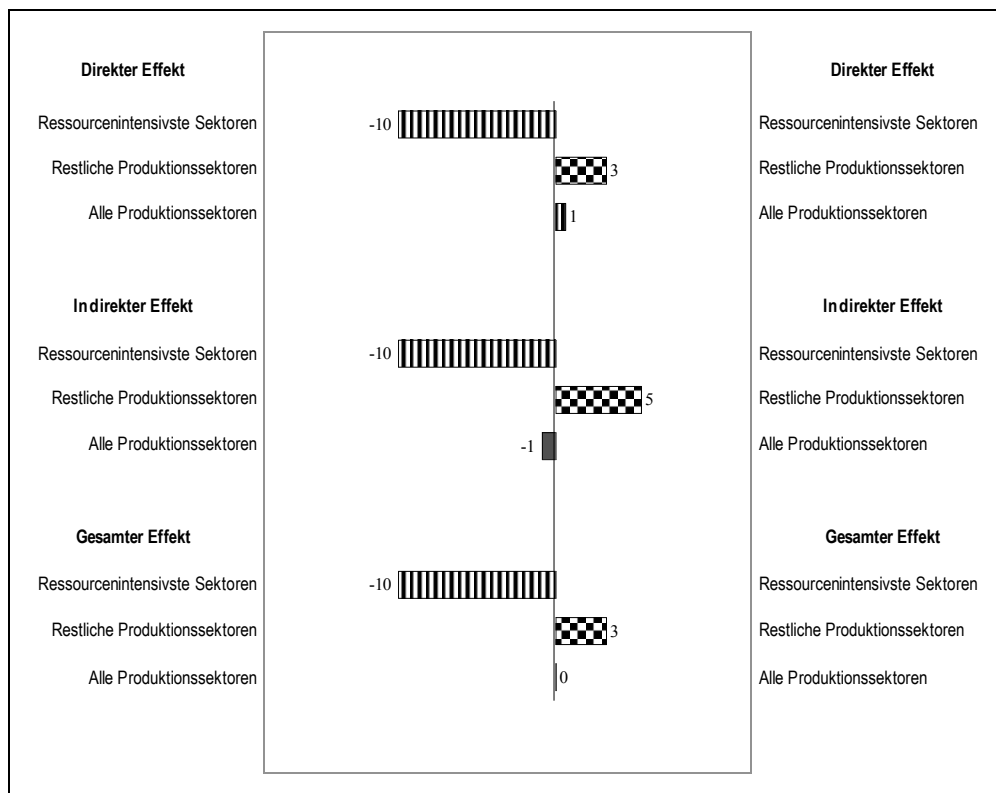
Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 (DESTATIS)

Tab. 13: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Erwerbstätigkeit - Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen (Deutschland – Bezugsjahr 2000)

Lfd. Nr.	NACE Rev. 1 sect		Ausgangslage 1000 Personen			Veränderte Endnachfrage 1000 Personen			Absolute Differenz 1000 Personen		
			direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt
1	45	Bauleistungen	2 210	1 340	3 550	1 989	1 206	3 195	- 221	- 134	- 355
2	27	Metalle u Halbezeug daraus	100	158	258	90	142	232	- 10	- 16	- 26
3	15	Nahrungsmittel, Getränke	643	1 252	1 895	579	1 127	1 705	- 64	- 125	- 189
4	40	Energie u DL d Energieversorgung	80	118	198	72	106	178	- 8	- 12	- 20
5	34	Kraftwagen u Kraftwagenteile	517	1 432	1 949	465	1 289	1 754	- 52	- 143	- 195
6	29	Maschinen	769	914	1 683	692	822	1 515	- 77	- 91	- 168
7	24	Chemische Erzeugnisse	208	449	657	187	404	591	- 21	- 45	- 66
8	01	Landwirtschaft, Jagd	270	106	376	243	95	338	- 27	- 11	- 38
9		Rest des Produzierenden Gewerbe	842	1 045	1 887	911	1 130	2 041	69	85	154
10		Rest der marktwirtschaftlichen DL	3 216	2 478	5 694	3 452	2 660	6 112	236	182	418
11	23	Kokereierz, Mineralölerz, Spalt- u Brutstoffe	10	23	33	9	21	30	- 1	- 2	- 3
12	10	Kohle, Torf	6	4	11	6	4	10	- 1		- 1
13	26	Glas, Keramik, bearb Steine u Erden	66	67	133	60	60	120	- 7	- 7	- 13
14	75	DL d öffentl Verwalt, Verteidig, Sozialvers	2 488	583	3 071	2 509	588	3 097	21	5	26
15	28	Metallerzeugnisse	268	232	500	323	280	602	55	48	103
16	14	Steine u Erden	3	4	6	2	3	6			- 1
17	85	DL des Gesundh -, Veterinär- u Sozialwesens	3 718	705	4 423	3 738	709	4 447	20	4	24
18	55	DL der Beherbergungen u Gaststätten	1 477	473	1 950	1 519	487	2 005	42	13	56
19	21	Papier, Karton, Pappe	57	86	142	61	92	153	4	7	11
20		Rest der nichtmarktwirtschaftlichen DL	3 206	901	4 107	3 242	912	4 154	36	10	47
21	70	DL d Grundstücks- u Wohnungswesens	264	694	958	273	718	991	9	23	32
22	52	DL des Einzelhandels, sonst Rep	3 455	671	4 126	3 529	685	4 215	75	14	89
23	31	Geräte der Elektrizitätserzeugung u -vertig	170	251	422	186	273	459	15	22	37
24	25	Gummi- u Kunststoffwaren	130	118	248	144	131	275	14	13	27
25	35	Sonstige Fahrzeuge	93	127	220	104	141	245	10	14	25
26	02	Forstwirtschaft, Erzeug u DL	14	4	18	14	4	18			
27	20	Holz, Holzwaren (o Möbel)	39	48	87	50	62	112	11	14	25
28	17	Textilien	74	68	142	84	77	160	10	9	19
29	11	Erdöl, Erdgas		1	1		1	1			
30	05	Fische u Fischereierzeug	2	1	3	2	1	3			
G		Alle Produktionssektoren	24 394	14 354	38 748	24 534	14 231	38 766	140	- 123	18

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 und Erwerbstätigkeitstistik 2000 (DESTATIS)

Abb. 23: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Erwerbstätigkeit – Deutschland – Bezugsjahr 2000 (Veränderung in %)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000 und Erwerbstätigkeitsstatistik 2000 (DESTATIS)

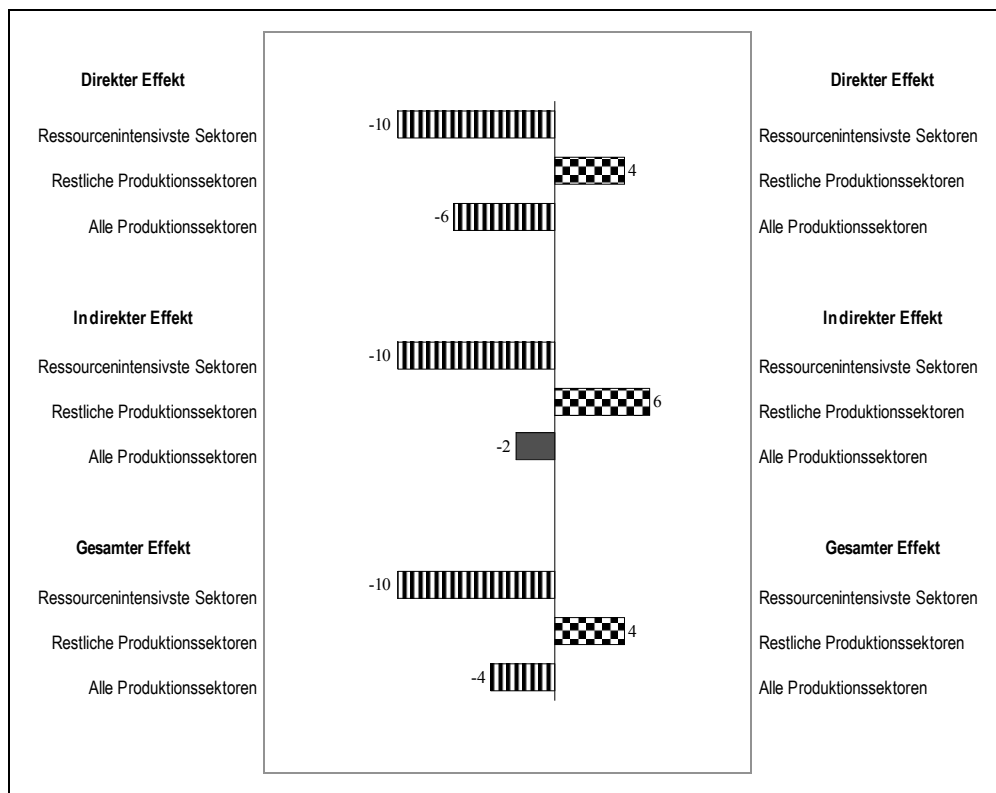
Tab. 14: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Treibhausgas-Emissionen - Verlagerung der Endnachfrage um 10% von den 12 ressourcenintensivsten Sektoren zu den restlichen Produktionsbereichen (Deutschland – Bezugsjahr 2000)

Lfd. Nr.	NACE Rev. 1 sect.		Ausgangslage 1000 Tonnen			Veränderte Endnachfrage 1000 Tonnen			Absolute Differenz 1000 Tonnen		
			direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt	direkt	indirekt	gesamt
1	45	Bauleistungen	8 021	45 969	53 990	7 219	41 372	48 591	- 802	- 4 597	- 5 399
2	27	Metalle u Halbzeug daraus	19 871	16 431	36 302	17 884	14 788	32 672	- 1 987	- 1 643	- 3 630
3	15	Nahrungsmittel, Getränke	8 263	62 594	70 857	7 436	56 335	63 771	- 826	- 6 259	- 7 086
4	40	Energie u DL d Energieversorgung	134 126	7 248	141 374	120 714	6 523	127 237	- 13 413	- 725	- 14 137
5	34	Kraftwagen u Kraftwagenteile	3 725	48 859	52 583	3 352	43 973	47 325	- 372	- 4 886	- 5 258
6	29	Maschinen	2 426	27 039	29 465	2 183	24 335	26 518	- 243	- 2 704	- 2 946
7	24	Chemische Erzeugnisse	13 126	21 740	34 866	11 814	19 566	31 380	- 1 313	- 2 174	- 3 487
8	01	Landwirtschaft, Jagd	21 701	4 401	26 102	19 531	3 961	23 492	- 2 170	- 440	- 2 610
9		Rest des Produzierenden Gewerbe	3 787	29 062	32 849	4 096	31 430	35 526	309	2 368	2 677
10		Rest der marktwirtschaftlichen DL	23 773	44 052	67 825	25 517	47 285	72 802	1 745	3 233	4 978
11	23	Kokereierz, Mineralölerz, Spalt- u Brutstoffe	10 793	2 226	13 019	9 713	2 003	11 717	- 1 079	- 223	- 1 302
12	10	Kohle, Torf	933	308	1 241	839	277	1 117	- 93	- 31	- 124
13	26	Glas, Keramik, bearb Steine u Erden	8 105	4 803	12 908	7 294	4 323	11 617	- 810	- 480	- 1 291
14	75	DL d öffentl Verwalt, Verteidig, Sozialvers	8 347	16 816	25 162	8 418	16 960	25 378	72	144	216
15	28	Metallerzeugnisse	1 234	12 067	13 301	1 488	14 547	16 035	254	2 480	2 734
16	14	Steine u Erden	690	167	857	621	150	772	- 69	- 17	- 86
17	85	DL des Gesundh-, Veterinär- u Sozialwesens	8 326	20 347	28 674	8 372	20 459	28 831	46	111	157
18	55	DL der Beherbergungen u Gaststätten	2 560	17 133	19 693	2 633	17 622	20 254	73	489	562
19	21	Papier, Karton, Pappe	2 371	4 995	7 366	2 552	5 376	7 927	181	380	561
20		Rest der nichtmarktwirtschaftlichen DL	12 820	18 391	31 211	12 965	18 600	31 565	145	209	354
21	70	DL d Grundstücks- u Wohnungswesens	275	11 679	11 954	284	12 071	12 355	9	392	401
22	52	DL des Einzelhandels, sonst Rep	10 652	18 775	29 427	10 882	19 181	30 063	230	406	636
23	31	Geräte der Elektrizitätserzeugung u -vertlg	603	7 738	8 341	657	8 423	9 080	53	685	739
24	25	Gummi- u Kunststoffwaren	560	5 940	6 499	620	6 582	7 202	60	642	703
25	35	Sonstige Fahrzeuge	601	3 850	4 452	669	4 280	4 949	67	430	497
26	02	Forstwirtschaft, Erzeug u DL	242	144	387	249	148	397	7	4	11
27	20	Holz, Holzwaren (o Möbel)	259	1 559	1 818	334	2 012	2 346	75	453	528
28	17	Textilien	460	3 665	4 125	520	4 144	4 664	60	479	539
29	11	Erdöl, Erdgas	154	21	176	154	21	176			
30	05	Fische u Fischereierzeug	21	31	52	23	35	58	2	3	6
G		Alle Produktionssektoren	308 825	458 052	766 878	289 035	446 782	735 817	- 19 790	- 11 271	- 31 061

Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, UGR 2000 (beides DESTATIS))



Abb. 24: Gesamtwirtschaftliche Auswirkung einer veränderten Komposition der Endnachfrage auf die Treibhausgas-Emissionen – Deutschland – Bezugsjahr 2000 (Veränderung in %)



Quelle: Acosta 2007 – Eigene Berechnung auf der Grundlage der MIOT 2000, UGR 2000 (beides DESTATIS)

## 6 Literatur

- Aachener Stiftung Kathy Beys (Hrsg.) (2005): Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland, Norderstedt
- Acosta-Fernández, José (2007): Identifikation prioritärer Handlungsfelder für die Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenproduktivität in Deutschland; Projektergebnisse im Rahmen des Projekts „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“. Wuppertal: Wuppertal Inst. für Klima, Umwelt, Energie. [www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)
- ADL, Wuppertal Institut, ISI (2005): Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in Mittelständischen Unternehmen. Abschlussbericht. In: [www.materialeffizienz.de](http://www.materialeffizienz.de), (03.04.2007)
- Bartnick, J. (1991): Optimal triangulation of a matrix and a measure of interdependence for a linear econometric equation system. In: Gruber, J. (ed.), *Econometric Decision Models*. Berlin: Springer, 487-495
- Bleischwitz, R. (1998): Ressourcenproduktivität. Innovationen für Umwelt und Beschäftigung. Berlin / Heidelberg u.a.: Springer
- Bringezu, S. (2000): Ressourcennutzung in Wirtschaftsräumen: Stoffstromanalysen für eine nachhaltige Raumentwicklung. Heidelberg, New York: Springer
- Bringezu, S. (2004): Erdlandung. Navigation zu den Ressourcen der Zukunft. Stuttgart: Hirzel
- Bringezu, S., Schütz, H., Moll, S. (2003): Rationale for and Interpretation of Economy-wide Material Flow Analysis and Derived Indicators. *Journal of Industrial Ecology* 7 (2), S. 43-64
- Brümmerhoff, D. und Heinrich Lützel (2002): Lexikon der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen. Dritte Auflage, München-Wien
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2004): Rohstoffwirtschaftliche Hefte XXXII Bundesrepublik Deutschland Rohstoffstudie 2003, Hannover
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2002): Umweltökonomische Gesamtrechnung – Vierte und abschließende Stellungnahme des Beirats "Umweltökonomische Gesamtrechnungen". In *Umweltpolitik*, Berlin
- Buttermann, H.-G., Hillebrand, B., Lechtenböhrer, S. und Nanning S. (2006): Bilanzierung der Gewinnung und Verwendung von Kalkstein und Ausweisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, Forschungsbericht 205 41 217/02 UBA-FB 000949 Umweltbundesamt (Dessau). Download: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3102.pdf>
- Deutsche Steinkohle AG (2004): Umweltbericht 2004 - Bergematerial und Flächenmanagement Deutsche Steinkohle AG. Download: <http://www.deutsche-steinkohle.de/medien/pdf/T-1127205807.pdf>
- Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft" des Deutschen Bundestag (1994): Die Industriegesellschaft gestalten – Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. (Bundestags-Drucksache 12/8260) Bonn
- Eurostat (1996): Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen, ESVG 1995. <http://circa.europa.eu/irc/dsis/nfaccount/info/data/ESA95/de/esa95de.htm>, Luxemburg

- Eurostat – Statistical Office of the European Communities (Hrsg.) (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators – A methodological guide. Luxemburg: European Communities
- Helmstädter, E. (1965b): Ein Maß für das Ergebnis der Triangulation von Input-Output-Matrizen. In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 117 (5)
- Holub, H.-W., Schnabl, H. (1994). Input-Output-Rechnung: Input-Output-Tabellen. 3. Aufl. München: Oldenbourg
- Holub, H.-W., Schnabl, H. (1994a). Input-Output-Rechnung: Input-Output-Analyse. München: Oldenbourg
- Keuning, S.J. and Steenge A.E. (1999): Introduction to the special issue on „Environmental extensions of national accounts: the NAMEA framework“. *Structural Change and Economic Dynamics* 10 (1), S.1ff
- Konijn, P., Deboer, S. and Van Dalen, J. (1997): Input-output analysis of material flows with application to iron, steel and zinc. *Structural Change and Economic Dynamics* 8 (1), S.129ff
- Miller, R. E. and Blair, P. D. (1985): Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. Englewood Cliffs (Prentice-Hall)
- Moll, S., Acosta, J., Villanueva, A. (2004): Environmental Implications of Resource Use– insights from input-output analyses. (draft technical paper by the European Topic Centre on Waste and Material Flows) Copenhagen
- Rasmussen, P.N. (1957): Studies in Inter-Sectoral Relations. Kopenhagen: Harcks
- Schmidt-Bleek, F., Bringezu, S., Hinterberger, F., Liedtke, C., Stiller, H., Spangenberg, J., Welfens, M.-J. (1998): MAIA: Einführung in die Material Intensitäts Analyse nach dem MIPS-Konzept. (Wuppertal Texte) Berlin, Basel, Boston: Birkhäuser Verlag
- Schnabl, Hermann (2000). Struktur-Evolution: Innovation, Technologieverflechtung und sektoraler Strukturwandel. München, Wien: Oldenburg
- Schütz, H. (2003): Economy-wide material flow accounts, land use accounts and derived indicators for Germany - "MFA Germany". Final report to the Commission of the European Communities – DG Eurostat/B1, CONTRACT REF No. 200141200028
- Stahmer, Carsten und Werhart, George unter Mitarbeit von Inge Herrchen (2000): Monetäre, physische und Zeit-Input-Output-Tabellen – Ansätze für eine integrierte ökonomische, ökologische und soziale Berichterstattung, Endbericht zum von Eurostat geförderten Forschungsprojekt98/776/3040/B4/MM, Band1: Textteil
- Stahmer, Carsten und Werhart, George unter Mitarbeit von Inge Herrchen (2000a): Monetäre, physische und Zeit-Input-Output-Tabellen – Ansätze für eine integrierte ökonomische, ökologische und soziale Berichterstattung, Endbericht zum von Eurostat geförderten Forschungsprojekt98/776/30430/B4/MM, Band2: Tabellenteil
- Stahmer, Carsten, Kuhn Michael und Braun, Norbert (1998): Physical Input-Output Tables for Germany, 1990, Report prepared for DGXI and Eurostat, Working Paper No.2/1998/B/1
- Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (2006). Download: <http://www.kohlenstatistik.de/home.htm>.
- Statistisches Bundesamt (2001): Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Material- und Energieflussrechnungen - Endbericht zum Projekt "A Physical Input-Output-Table for Germany 1995"

- Statistisches Bundesamt (2002): Input-Output-Tabellen - in Preisen von 1995 - 1991 bis 2000 nach 71 Gütergruppen/Produktionsbereichen, Wiesbaden, Statistik Online-Shop Nr. 815 000 610
- Statistisches Bundesamt (2005): Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2005 - "Umweltnutzung und Wirtschaft" – 2005, Wiesbaden. Download:  
<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Umweltnutzung.property=file.pdf>.
- Storch, Ulrich (2007): "Rohstoffketten in Endprodukten" - Wege vom fossilen Kohlenstoff zum Endprodukt – Internetseite: Artcircolo, München. Download:  
<http://www.artcircolo.de/intern/recherche.htm>.
- Strassert, Günter (1968b): Zur Bestimmung strategischer Sektoren mit Hilfe von Input-Output-Modellen. In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 182 (3): 211-215
- Strassert, Günter (2001a): Physische Input-Output-Rechnung - Produktionstheoretische Grundlagen - erste Ergebnisse und konzeptionelle Probleme, in: Utz\_Peter Reich, Carsten Stahmer, Klaus Voy (Hrsg.): Kategorien der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, Band3, Geld und Physis, Marburg, S.259ff
- Strassert, Günter (2001b): Interindustry Linkages – The Flow Network of a Physical Input-Output Table (PIOT) – Theory and Application for Germany. In: Lahr M./ Dietzenbacher, E. (Hrsg.): Inpu-Output-Analysis – Frontiers an Extensions; Houndsmill (Palgrave), pp. 35-53
- Strohm, W., Hartmann N., Essig H. und Bleses, Peter (1999): Revision der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen 1999 – Anlaß, Konzeptänderungen und neue Begriffe. In: Wirtschaft und Statistik, Heft4, S.257ff
- Verband der Chemischen Industrie e.V. (2006) Fakten, Analysen, Perspektiven Chemie 2006, Jahresbericht. Download:  
[http://www.vci.de/template\\_downloads/tmp\\_0/jb2006\\_internet~DokNr~119083~p~101.pdf](http://www.vci.de/template_downloads/tmp_0/jb2006_internet~DokNr~119083~p~101.pdf)
- Verein Deutsche Salzindustrie e.V. (2007): Produktionszahlen Deutschland. Download:  
<http://www.salzindustrie.de/sw/>
- Vogtmann, H. (2005): Dem Klimawandel vorbeugend begegnen - regionale Nährstoffkreisläufe schließen, Bundesamt für Naturschutz, Präsentation in Ludwigstein, Oktober 13, 2005. Download: [http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/ludwigstein\\_13\\_10\\_05.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/ludwigstein_13_10_05.pdf)
- Volkhausen, W. (2003) Methodische Beschreibung und Bewertung der umweltgerechten Gestaltung von Stahlwerkstoffen und Stahlerzeugnissen, Dissertation, Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg
- Wessels, H. (1981): Triangulation und Blocktriangulation von Input-Output-Tabellen und ihre Bedeutung. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Beiträge zur Strukturpolitik, Heft 63 (Duncker & Humblot)